Columbia University
in the City of New York

Library

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

N 5722
SER. VIII
Vol. 13-14

Droits de traduction et de reproduction réservés.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME XIII. — N° 1.

(Ce cahier commence l'abonnement aux Tomes XIII et XIV)

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain

1901

PARIS, 30 FR. — DÉPARTEMENTS ET ÉTRANGER, 32 FR.
Ce cahier a été publié en Janvier 1901.
Les *Annales des Sciences naturelles* paraissent par cahiers mensuels.

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. Ph. Van Tieghem

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XII sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. Edmond Perrier.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à X sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. Hébert, et pour la partie paléontologique, par M. A. Milne-Edwards.

Tomes I à XXII (1879 à 1891). Chaque volume ..... 15 fr.

Cette publication est désormais confondue avec celle des *Annales des Sciences naturelles*.

Prix des collections.

Première série (Zoologie et Botanique réunies),		30 vol.	(*Rare*).
Deuxième série (1834-1843).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Troisième série (1844-1853).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Quatrième série (1854-1863).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Cinquième série (1864-1874).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Sixième série (1875 à 1884).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Septième série (1885 à 1894).	Chaque partie	20 vol.	300 fr.
Géologie, 22 volumes.			330 fr.

ANATOMIE DES PRIMULACÉES

Par E. DECROCK.

INTRODUCTION.

En abordant, il y a plus de cinq ans, l'étude des Primulacées, je me proposai de donner une *Monographie anatomique* de cette famille. Le présent mémoire est le résumé des observations que j'ai recueillies depuis cette époque. Il faut le considérer comme la base de l'étude spéciale de chaque genre que j'espère publier à bref délai.

Dans ces dernières années, les travaux anatomiques ont été un peu abandonnés. Ils n'avaient pas tenu leurs promesses. D'autre part, on estime la structure des plantes supérieures suffisamment connue. Les méthodes ont été trop souvent incomplètes ou vicieuses. Quand on a décrit une coupe faite en un point quelconque d'un organe, à une époque indéterminée de sa vie, c'est au moins insuffisant au point de vue de la connaissance pure de la plante ; la Systématique, la Physiologie, n'en peuvent tirer à peu près aucun profit. Pour qu'on puisse, en Anatomie végétale, collaborer à la biologie des plantes et appliquer leurs caractères anatomiques à la classification, il est nécessaire de les mieux connaître.

En ce qui concerne les Primulacées, M. Kamienski a publié, en 1876, une étude sur l'anatomie comparée de cette intéressante famille. Comme tous les observateurs consciencieux, il a reconnu certains faits, mais il en restait beaucoup d'autres

323836

à reconnaître. Y a-t-il un type unique dans ces plantes? Y a-t-il plusieurs séries différentes ?

La question de la *Polystélie*, la fleur, le fruit méritent qu'on s'arrête longuement.

L'espèce des botanistes descripteurs est-elle caractérisée anatomiquement ? Il est certain qu'on a multiplié les espèces à profusion, les morphologistes ayant appliqué une méthode très variable suivant les cas. D'autre part, il ne faut pas oublier que beaucoup d'espèces de certains genres paraissent n'avoir pas encore acquis des caractères bien définis, comme si elles étaient encore en voie d'évolution ; le genre *Primula* en est un exemple remarquable.

TECHNIQUE.

Chaque fois qu'il nous a été possible de le faire, nous avons étudié tous les organes de la plante : racines, tiges, feuilles, fleur et fruit, à leurs différents âges et dans toutes leurs régions (1). La distribution géographique des Primulacées nous favorisait à cet égard. Elles appartiennent, en effet, à des régions bien explorées en général ; nous avons donc pu nous les procurer vivantes, les obtenir par semis, ou les étudier sur des matériaux d'herbier.

Nous avons à rendre hommage ici à l'admirable confraternité des botanistes du monde entier. Tous ceux à qui nous avons demandé des matériaux nous en ont envoyé avec beaucoup de bienveillance. MM. Bureau et Franchet nous ont permis d'étudier les types asiatiques. Par l'intermédiaire de M. le Professeur Granel, directeur du Jardin botanique de Montpellier, nous avons obtenu toutes les graines dont disposent les jardins botaniques de toutes les parties du

(1) Dans un grand nombre de cas pour mieux faire ressortir l'uniformité de structure que présentent certains organes dans toute la famille, ou pour éviter trop de répétitions, nous faisons suivre le nom de l'organe des mots « structure typique », en plaçant entre parenthèses le nom de l'espèce à laquelle il convient le mieux de se rapporter.

monde. M. Daveau nous a facilité la détermination des espèces et nous a aidé à vaincre les difficultés que présente la culture des plantes alpines. J'ai ramassé moi-même toutes les espèces françaises dans de fréquentes excursions dirigées par M. le Professeur Flahault et par M. Derbez, de Barcelonnette, dans les Pyrénées, les Alpes, la Région méditerranéenne et le Nord de la France.

Que tous ces savants daignent agréer l'hommage de notre profonde reconnaissance.

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

L'anatomie des Primulacées a déjà fait l'objet de quelques recherches. Les premiers efforts ont eu pour but le genre *Primula*, si répandu dans les montagnes de l'Europe et en particulier dans les Alpes. Trécul (1) y a signalé le premier l'existence du réseau radicifère dans le rhizome. Dès 1855, Vaupell (2) avait reconnu deux types de structure dans les espèces du genre *Primula* : le type dicotylédone normal caractérisé par un cercle de faisceaux ou une couronne libéro-ligneuse, et un type anormal qu'il rapprochait du type monocotylédone parce qu'au sein d'un parenchyme homogène se trouvent épars, sans ordre, des faisceaux libéro-ligneux.

En 1875 et 1876, Fr. von Kamienski (3) en étudiant l'anatomie comparée du genre *Primula* d'abord, puis de la famille des Primulacées tout entière, distingue dans les Primevères à structure normale deux groupes : le premier renferme les espèces à bois et liber secondaires sans réseau radicifère, le deuxième, les espèces à réseau radicifère sans bois et liber secondaires. Dans les Primevères à structure normale, il établit une distinction suivant que l'anomalie se manifeste ou non dans toute la longueur de la tige.

(1) Trécul, *Recherches sur l'origine des racines* (Ann. sc. nat., t. VI, 3e série, 1846).

(2) Vaupell, *Untersuchungen uber das periph. Wachsthum der Gefässbündel*, 1855, Leipzig.

(3) Fr. von Kamienski, *Zur Vergleichende Anatomie der Primeln*, Strasbourg, 1875 et *Vergleichende Anatomie der Primulaceen*, Cracovie, 1876.

Pour les autres genres, l'auteur décrit, tantôt avec détails, tantôt succinctement, la structure d'un petit nombre d'espèces. Il n'avait pu se procurer des spécimens de plusieurs genres.

En 1881, M. Westermaier (1) insiste sur la nécessité qu'il y aurait à établir d'une manière positive, les relations qui existent entre la structure et la fonction des différents appareils de la plante, de manière à pouvoir dégager ensuite les caractères systématiques. Mais il déclare la physiologie végétale encore trop peu avancée pour que l'on puisse attendre, dès ce moment, les résultats intéressant tous les appareils de la plante. L'appareil de soutien est celui dont nous comprenons le mieux le rôle. M. Westermaier en étudie la répartition dans les principaux genres de la famille des Primulacées et dégage de ses observations une caractéristique anatomique de la famille : c'est la présence d'un anneau fibreux à la périphérie du cylindre central, anneau contre lequel sont adossés les faisceaux libéro-ligneux.

L'étude comparée des tiges souterraines et des tiges aériennes des Dicotylédones que M. Costantin (2) a publiée en 1883 renferme l'anatomie des tiges des *P. elatior*, *P. grandiflora*, *Soldanella alpina*. L'auteur a « constaté, en somme, la disparition de l'appareil de soutien, l'apparition de l'amidon, l'augmentation de l'écorce et la réduction de la moelle » dans les rhizomes. Vesque (3) n'a point donné la caractéristique des Primulacées dans ses recherches sur l'anatomie de la feuille des Gamopétales. Une « étude préliminaire, dit-il, y a révélé une inconstance dont la signification véritable ne pourra ressortir que de recherches étendues sur un grand nombre d'espèces. » C'est ce que nous avons tenté de faire.

(1) Westermaier, *Beiträge zur Vergl. Anat. der Pfl.* (Monatsberich. der Preuss. Acad. zu Berlin, 1881).

(2) Costantin, *Étude comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones* (Ann. Sc. nat., Bot., 6e série, t. XVI, 1883).

(3) Vesque, *Caractères des principales familles gamopétales tirés de l'anatomie de la feuille* (Ann. Sc. nat., Bot., 7e série, t. I, 1885).

En 1886, dans un premier mémoire sur la structure de la tige des Primevères nouvelles du Yun-nan, M. Van Tieghem (1) a rendu compte de la nature même de l'anomalie de la tige de certaines Primevères. Vaupell et Kamienski avaient considéré les faisceaux libéro-ligneux des Auricules comme des faisceaux collatéraux. De Bary distinguait des cordons périphériques à structure bilatérale et des cordons centraux plus volumineux, dans lesquels le liber entoure complètement le bois. Il a nommé ceux-ci des faisceaux concentriques, en leur accordant la même valeur morphologique qu'aux précédents. M. Van Tieghem est arrivé à une conclusion tout à fait différente, conclusion qui n'a pas tardé à devenir classique : « chaque cordon est un véritable cylindre central, ordinairement sans moelle, dans lequel les faisceaux libéro-ligneux confluents par leurs parties ligneuses ne sont distincts que par leurs libers. »

Encore en 1886, à quelques jours d'intervalle, MM. Van Tieghem et Douliot (2) publient un travail dans lequel ils groupent les Primevères d'après la structure de leur tige. Ils concluent à la nécessité de les séparer en deux genres distincts : *Primula*, pour les Primevères à tige normale, *Auricula*, pour les Primevères à tige anormale. D'après ces savants, la classification fondée sur l'anatomie et celle établie par Duby sur les caractères externes donnent un accord satisfaisant. Cet accord ne subsiste pas avec le sectionnement établi par M. Pax (3) dans *Engler et Prantl* : *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. En somme, on n'est pas encore arrivé à trouver une classification rationnelle des Primevères, ce qui explique l'énorme difficulté que présente l'étude de ce genre.

(1) Van Tieghem, *Structure de la tige des Primevères nouvelles du Yun-nan* (Bull. de la Soc. bot. de France, t. XXXIII, 1886).

(2) Van Tieghem et Douliot, *Sur la Polystélie* (Ann. Sc. nat., 7e série, t. III, 1886).

(3) Pax, in Engler et Prantl. *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, I. IV Theil, 1897.

M. Seignette (1) a décrit très rapidement la structure du tubercule jeune de *Cyclamen europæum*. Il donne trois coupes transversales faites à la base et au sommet, sans rendre compte des relations qu'elles présentent. On ne voit pas les rapports que présentent les divers faisceaux entre eux.

En 1897, M. D.-T. Gwynne-Vaughan (2), de Glascow, a repris l'étude de quelques Primevères « polystèles ». Il a constaté dans tous les cas que, vers le sommet, le liber et le bois de la face interne des stèles disparaissaient graduellement. On observe alors sur une coupe transversale un cercle de faisceaux libéro-ligneux collatéraux. En étudiant la structure de la feuille, l'auteur a observé une gradation intéressante entre l'anatomie du cotylédon et de la feuille complètement développée. Enfin, il apparaît clairement pour ce savant que la gamostélie constitue un type plus ancien que la dialystélie et plus rapproché de la monostélie.

Dans ce qui précède, nous n'avons fait que citer les travaux ayant trait à l'appareil végétatif. Puisque nous avons étudié toute la plante, il est nécessaire de donner, succinctement au moins, la bibliographie de l'appareil reproducteur. Les mémoires parus sur ce sujet ont eu pour but l'étude du parcours des faisceaux dans la fleur, la recherche de la valeur morphologique du placenta, la structure du fruit et sa déhiscence.

Dans son remarquable travail sur la structure du pistil, M. Van Tieghem (3) a décrit le parcours et la structure des faisceaux dans la fleur des Primulacées ; plusieurs autres mémoires du même auteur renferment de nouvelles observations qui permettent en dernière analyse de considérer le placenta des Primulacées comme un organe résultant de la soudure de cinq talons carpellaires et l'étamine comme

(1) Seignette, *Recherches sur les tubercules* (Revue générale de botanique, 15 septembre 1889).

(2) D.-T. Gwynne-Vaughan, *On Polystely in the genus Primula* (Annals of Botany, June, 1897).

(3) Van Tieghem, *Structure du pistil des Primulacées et des Théophrastées* (Ann. Sc. nat., 5e série, t. XII, 1869).

étant une dépendance de la corolle. L'interprétation de la valeur morphologique du placenta a subi bien des vicissitudes.

Pour Celakowsky (1), les talons carpellaires existent, mais ils ne font que tapisser le prolongement de l'axe floral. Cette manière de voir est basée sur l'observation de monstruosités chez l'*Anagallis arvensis*.

M. Warming (2) et tout récemment M. Vidal (3) sont arrivés à conclure dans le même sens que Celakowsky. Ces savants n'ont pas apporté de preuves; leurs conclusions ne sont pour ainsi dire que des raisons de sentiment, raisons difficiles à discuter.

Divers travaux ayant trait à l'anatomie et à la déhiscence des fruits à péricarpe sec, renferment la description anatomique de la capsule de Primulacées. M. Leclerc du Sablon (4) a étudié (1884) le fruit de *Primula elatior* et d'*Anagallis arvensis*. M. Eichholz (5) (1886) celui du *P. officinalis*. M. Weberbauer (6) celui d'un type de tous les genres, sauf *Pomatosace* et *Stimpsonia*. Sur ce point, par conséquent, nous avons pu contrôler et étendre les observations de nos devanciers. M. Weberbauer distingue dans la paroi du fruit de la plupart des Primulacées deux couches de signification physiologique contraire : Une couche externe formée de plusieurs assises d'éléments de contraction, et une couche interne d'éléments agissant en sens inverse, formée

(1) Celakowsky, *Vergleichende Darstellung der Placenten in den Fruchtknoten der Phanerogamen* (Akt. d. kön. böhm Gesellschaft d. Wiss., 1876). — Id. *Beiträge zur Foliartheorie des Oculums* (Abhand. d. kön. böhm, Gesellsch. d. Wiss., 1884).

(2) Warming, *De l'Ovule*, p. 192 (Ann. Sc. nat., 6e série, t. V, 1877).

(3) L. Vidal, *Sur le placenta des Primulacées* (Journal de botanique, mai 1899).

(4) Leclerc du Sablon, *Recherches sur la déhiscence des fruits à péricarpe sec* (Ann. Sc. nat., 6e série, Bot., t. XVIII, 1884).

(5) Eichholz, *Untersuchungen über den Mechanismus einiger zur Verbreitung von Samen und Früchten dienender Bewegungserscheinungen* (Pringsheims' Jahrb. fur. wissench. Bot. Bd. XVII, 1886).

(6) Weberbauer, *Beiträge zur Anatomie der Kapselfrüchte* (Botanisches Centralblatt. Band XXII, p. 54, 1898).

d'éléments d'opposition « *Wiederstandelemente.* » La sécheresse, en agissant spécialement sur la couche de contraction, déterminerait la déchirure de la partie supérieure du fruit en un nombre déterminé de dents qui se referment dans l'air humide. La déhiscence de la capsule des Primulacées peut s'expliquer d'une manière bien plus simple, comme nous le verrons.

DIVISIONS ET PLAN DE NOTRE TRAVAIL

Nous avons divisé notre travail en quatre parties :

I. Introduction et historique.
II. Anatomie générale.
III. Histologie générale.
IV. Anatomie descriptive des genres.

Il est nécessaire d'expliquer ici ce que nous entendons par anatomie générale, histologie générale.

La partie qui traite de l'anatomie générale des Primulacées est la synthèse de toutes nos observations sur la disposition, la topographie, si je puis m'exprimer ainsi, des différents appareils que renferme la plante dans tous ses organes : racines, tiges, feuilles, fleur et fruit, appareils protecteurs, appareils conducteurs, appareils conjonctifs. Cette étude a été divisée en chapitres subdivisés en paragraphes comme l'indique le tableau suivant :

I. **Généralités sur l'appareil végétatif.**

CHAPITRE I. — **Racine.**

I. Racine principale et ses ramifications.
II. Racines caulinaires ou latérales et leurs ramifications.

CHAPITRE II. — **Tige.**

I. Hypocotyle.
II. Tiges feuillées et rhizomes.

CHAPITRE III. — **Feuille.**

I. Cotylédon.
II. Feuilles normales.
III. Feuilles anormales, s'il y a lieu.

II. Généralités sur l'appareil reproducteur.

CHAPITRE I. — **Les tiges florales.**

Hampe florale.
Pédoncule floral, bractée florale.
Réceptacle floral.

CHAPITRE II. **Sépale.**
— III. **Pétale.**
— IV. **Étamine.**

a. Filet.
b. Anthère.
c. Pollen.

CHAPITRE V. — **Pistil.**

a. Paroi ovarienne.
b. Style et stigmate.
c. Placenta.
d. Ovule.
e. Fruit et graine.

Dans la troisième partie, nous étudions les caractères des différents tissus qui entrent dans la constitution de la plante.

Nous examinons successivement : les tissus protecteurs, Épiderme et Liège, dans la racine, la tige, la feuille, la fleur et le fruit ; de même les tissus conjonctifs, Parenchymes divers et les tissus conducteurs, Bois et Liber.

L'Anatomie descriptive des genres comprend l'étude détaillée d'un grand nombre d'espèces, en prenant dans chaque genre ou dans chaque section de genre un type, à côté duquel nous relevons les différences que présentent les autres espèces que nous avons pu étudier.

Cette partie est purement analytique.

Dans ce travail, nous ne nous sommes pas occupé des questions de développement, quoique, chemin faisant, nous ayons pu relater bien des faits nouveaux.

Par conséquent, nous ne ferons que citer ici les noms de

Duchartre, Payer, Cramer, Pfeffer, qui se sont surtout occupés de l'organogénie de la fleur des Primulacées et les noms de Warming, Vesque et Pax qui ont étudié l'ovule et le développement du sac embryonnaire dans un petit nombre d'espèces.

Nous avons repris les observations des anatomistes qui nous ont devancé dans cette voie, bien des faits nouveaux sont venus s'ajouter, il en est résulté des interprétations parfois différentes de celles qui sont généralement admises. Nos recherches ont duré cinq années pendant lesquelles des matériaux nouveaux nous sont venus de tous les points du globe. Nous avons étudié ainsi un nombre considérable d'espèces. Peut-être se rendra-t-on compte de l'énorme labeur que nous a coûté cette étude.

DEUXIÈME PARTIE

ANATOMIE GÉNÉRALE

I

Généralités sur l'anatomie de l'appareil végétatif des Primulacées.

CHAPITRE PREMIER.

LA RACINE.

Racine principale. — Au moment où l'embryon se débarrasse des téguments, la plantule d'une Primulacée quelconque comprend une racine principale longue d'un centimètre environ, un axe hypocotylé et deux cotylédons pourvus d'un très court pétiole.

Dans les espèces vivaces, la racine principale peut être de courte durée et ne porter qu'un petit nombre de radicelles. Ces espèces sont pourvues de rhizomes dont l'extrémité la plus âgée se détruit progressivement. La disparition de la racine principale résulte naturellement de ce mode de vie. Cette racine principale peut disparaître bien avant la destruction de son support et peut être remplacée de bonne heure par des racines caulinaires. Il y a là une série de faits de détail à observer.

Dans les espèces annuelles, la racine principale dure autant que la plante et porte de nombreuses radicelles se développant dans un même plan.

Les observations que nous avons faites sur le sommet

végétatif concordent d'une manière générale avec celles de M. Flahault (1) et de MM. Van Tieghem et Douliot (2). Pour le premier, le péricyle « s'arrête très près du sommet du cylindre central et ne le recouvre pas dans *Anagallis arvensis* L. et *A. arvensis* var. *cœrulea* Lam., et l'écorce se réduit au sommet à une assise de trois cellules se développant tout entière en direction centripète. Dans le *Lysimachia dubia* H. Kew., le péricycle paraît entourer complètement le cylindre central ».

Nous avons étudié tout l'embryon d'un grand nombre d'espèces appartenant à plus de vingt genres. Partout nous avons trouvé au sommet de l'écorce une plaque de cellules histogènes subissant, très près du sommet, une division tangentielle qui sépare d'abord une assise de cellules qui doit donner ultérieurement l'assise subéreuse. L'assise sous-jacente donne naissance à tout le reste de l'écorce par une série peu nombreuse de cloisonnements centripètes. Cette manière d'être des cellules initiales de l'écorce, se reflète très nettement dans l'écorce complètement développée ; nous le verrons plus loin.

M. J. Eriksson (3) a trouvé au sommet des racines d'*Hottonia palustris* L. un méristème commun à tous les tissus. Mes préparations permettent de faire entrer l'*Hottonia palustris* dans le cadre général : les initiales de la coiffe, de l'écorce, du cylindre central, y sont distinctes.

La structure du sommet végétatif de la racine principale est ainsi nettement établie.

La question de la continuité du péricycle autour du sommet du cylindre central doit nous arrêter quelques instants. Des coupes faites dans le sommet de la racine, coupes longitudinales, ou coupes transversales passant un peu au delà

(1) Ch. Flahault, *Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les Phanérogames* (Ann. Sc. nat., Bot.. 1877).

(2) Van Tieghem et Douliot, *Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes* (Ann. des Sc. nat. Bot., 7e série, VIII, 1888).

(3) Eriksson, *Ueber das Urmeristem der Dicotylenwurzeln* (Jahrbücher fur wissensch. Botan., Leipzig, 1877).

des initiales du cylindre central, montrent que celui-ci est constitué en ce point par un cylindre de méristème vasculaire parfaitement homogène, composé d'éléments équivalents. Plus haut seulement les cellules de l'assise périphérique subissent un accroissement un peu plus considérable, première différenciation qui s'étend bientôt après aux éléments destinés à se transformer en vaisseaux ou en éléments libériens. Le péricycle est désormais distinct. Avant cette différenciation, il n'en doit pas être question.

Ces faits, concernant le péricycle de la racine touchent à une question de philosophie scientifique importante : la question de l'autonomie des différentes parties du cylindre central de la racine. Péricycle, faisceaux ligneux, faisceaux libériens, moelle sont considérés généralement comme homologues de ces mêmes parties de la tige. Ce n'est pas le lieu d'entrer dans une longue discussion. Disons seulement qu'il nous paraît plus rationnel de regarder le cylindre central de la racine comme un système conducteur autonome ayant plusieurs centres de différenciation libérienne et vasculaire. M. C.-Eg. Bertrand (1) a défini ce système un *faisceau polycentre* ou *multipolaire*.

Structure primaire. — Au moment où la plantule se dégage complètement du tégument, la racine principale présente environ un centimètre de longueur et un demi-millimètre de diamètre dans sa région d'insertion sur l'axe hypocotylé.

Elle est construite sur le type binaire, sans exception, et présente partout les mêmes caractères histologiques.

L'assise pilifère est normale, avec poils absorbants peu nombreux.

L'écorce occupe les deux tiers du rayon total et comprend quatre assises de cellules, disposées en séries radiales et concentriques sauf l'assise externe dont *les cellules alternent à la fois avec les cellules de l'assise pilifère et avec celles de*

(1) C.-Eg. Bertrand, *Théorie du faisceau* (Bulletin scient. du Nord, t. I, 1880).

l'assise sous-jacente. Cette assise externe se transforme en assise subéreuse, *elle représente à elle seule la zone externe de l'écorce*.

Dès que la racine pénètre dans le sol, l'endoderme se différencie dans les points correspondants. La subérification se manifeste au début suivant un cadre tangentiel qui intéresse les faces radiales très près de la face externe des cellules. Cette modification gagne ensuite toute l'étendue des parois, pendant que le protoplasme, très actif, de ces cellules, les divise à plusieurs reprises par des cloisons radiales purement cellulosiques. *Cette manière d'être de l'endoderme est très fréquente chez les Gamopétales*.

Le cylindre central primaire est formé par un péricycle unisérié, par une lame ligneuse diamétrale et de chaque côté de celle-ci par un fascicule de tissu criblé, séparé du bois par une seule assise de cellules.

Les vaisseaux dérivent directement des cellules du méristème vasculaire. Le fascicule criblé se compose au début de trois éléments résultant de deux cloisonnements successifs et à angle droit d'une cellule du méristème vasculaire. La différenciation criblée peut se répéter sur d'autres éléments sous-péricycliques de chaque côté du fascicule primitif.

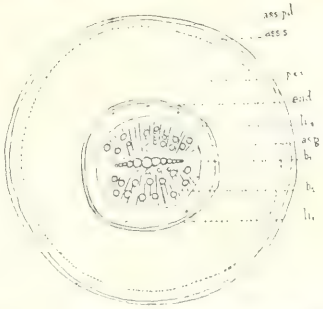


Fig. 1. — Schéma d'une racine principale de Primulacée. *ass. pil*, assise pilifère; *ass. s*, assise subéreuse; *par. c. i*, parenchyme cortical interne; *end*, endoderme; *per*, péricycle; li_2, liber secondaire; *as. g*, assise génératrice; b_1, bois primaire; b_2, bois secondaire; li_1, liber primaire.

Structure secondaire. — Avant que la différenciation primaire soit achevée, il s'établit un arc de cambium à la face interne du tissu criblé primaire.

Le bois secondaire est formé de vaisseaux annelés et de parenchyme, ou uniquement de vaisseaux. Le liber secondaire comprend des fascicules criblés analogues aux fascicules criblés primaires, et des cellules de parenchyme.

Tous les éléments non lignifiés du cylindre central renferment un protoplasma plus ou moins dense occupant toute la cavité avec un noyau relativement volumineux dans les éléments criblés et cambiaux, n'en occupant que la région périphérique dans les cellules du parenchyme libérien et du péricycle. Ces dernières peuvent être homologuées aux cellules cambiformes de Haberlandt (1), qui, d'après ce savant, entrent dans la constitution du liber considéré

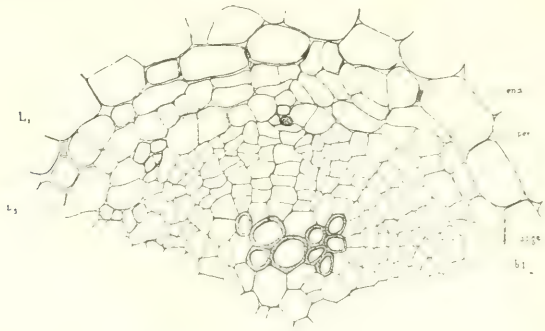


Fig. 2. — *P. cortusoides.* — Racine principale. *end*, endoderme ; *per*, péricycle ; *as. ge*, assise génératrice ; b_1, bois primaire.

comme appareil conducteur des matières élaborées. Cette idée nous amène de nouveau à considérer le *cylindre central de la racine comme un appareil conducteur indivis et autonome comparable à cet égard à un faisceau libéro-ligneux de tige.*

L'abondance de ces productions libéro-ligneuses secondaires varie naturellement avec la durée de la racine principale, durée qui ne dépasse guère une période de végétation active, sauf dans les espèces vivaces xérophiles. Il se forme, en général, deux massifs libéro-ligneux secondaires de chaque côté de la lame ligneuse primaire et, devant les pôles de celle-ci, le péricycle se cloisonne un certain nombre de fois par des divisions tangentielles.

Ailleurs (toutes les *Lysimachioïdées* annuelles) l'assise génératrice devient annulaire et fournit autour du bois pri-

(1) Haberlandt, *Physiolog. Pflanzenanatomie*, 1897, p. 286.

maire une couronne libéro-ligneuse continue. Il n'y a pas formation de liège ; l'écorce peut s'exfolier complètement, sauf l'endoderme qui persiste toujours en accentuant les caractères que nous lui avons déjà décrits.

Les ramifications de la racine principale ont la même structure, avec un développement un peu moindre des éléments histologiques.

Racines latérales. — Les Primulacées produisent des racines latérales sur leur tige hypocotylée et sur leurs rhizomes ou pseudorhizomes. L'hypocotyle est généralement fugace, comme la racine principale elle-même. Les racines latérales qui s'y développent sont peu nombreuses (2 à 5). Elles sont insérées dans le plan de la lame ligneuse primaire.

Les racines qui naissent sur les rhizomes peuvent avoir une position nettement déterminée, aux nœuds de chaque côté des feuilles, comme dans les *Lysimachia*, ou naître en des points non déterminés, comme c'est le cas dans les *Primula*.

Nous n'avons rien à ajouter aux recherches de M. Lemaire (1) et de MM. Van Tieghem et Douliot (2) sur l'origine et le développement des racines latérales.

Structure primaire. — La structure primaire est partout la même, avec quelques variations de peu d'importance portant sur le nombre des lames ligneuses primaires et sur quelques caractères histologiques de l'écorce.

L'écorce est épaisse, formée d'un parenchyme collenchymatoïde à la périphérie, sérié radialement dans la région interne, qui occupe la plus grande partie de l'épaisseur de l'écorce. Dans les racines très jeunes ou dans la région voisine du sommet végétatif des racines adultes, *seule l'assise périphérique ne participe pas à cette sériation, elle constitue à elle seule la zone externe de l'écorce et provient du*

(1) Lemaire, *Recherches sur l'origine et le développement des racines latérales chez les Dicotylédones* (Ann. des Sc. nat., Bot., 7e série, t. III, 1886).

(2) Van Tieghem et Douliot, *Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires* (Ann. des Sc. nat., Bot., 7e série, t. VIII, 1888).

premier cloisonnement tangentiel de la plaque histogène initiale.

Le cylindre central des racines nées sur les tiges adultes est généralement pentamère ou tétramère, rarement hexamère.

Sur les rhizomes très jeunes poussent des racines plus étroites que les précédentes. Le cylindre central n'y comprend que trois lames ligneuses primaires.

L'assise pilifère est normale; toutes ses cellules sont prolongées en poils simples, courts lorsque la station où vit la plante est humide, longs lorsqu'elle est sèche. Le *Primula farinosa* vient dans des stations très humides, ses poils absorbants sont très courts; le *Coris monspeliensis* vient dans la garrigue et les sables de la région méditerranéenne et présente des poils beaucoup plus longs.

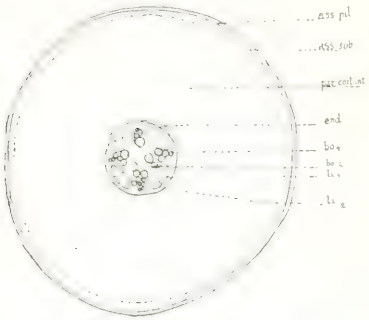


Fig. 3. — Schéma d'une racine adventive de Primulacée.

L'assise pilifère persiste après la chute des poils, ses membranes se subérifient, s'épaississent même parfois sur la face externe et contribuent ainsi avec l'assise subéreuse à la protection de l'écorce, quand celle-ci subsiste.

L'écorce persiste pendant toute la durée de la racine dans les espèces *hygrophiles*, très nombreuses dans la famille (tous les *Primula*, la plupart des *Lysimachia*). Toutes les cellules sont gorgées d'amidon.

Les espèces xérophiles vivaces et les espèces annuelles perdent complètement leur parenchyme cortical jusqu'à l'endoderme, dont les caractères protecteurs s'accentuent par le cloisonnement radial des cellules primitives, et par un épaississement cellulosique considérable des parois.

Au point de vue de l'abondance des productions libéro-

ligneuses secondaires, il y a lieu aussi de distinguer deux types. Ils correspondent aux deux groupes que nous avons envisagés au point de vue de la durée de l'écorce.

Dans le premier (espèces *hygrophiles*), le bois et le liber sont peu abondants ; le cambium est localisé à la face interne du liber primaire ; il n'y a pas production de couronne libéro-ligneuse continue ; l'aspect de structure primaire est conservé dans beaucoup de cas. En face des faisceaux ligneux primaires, le péricycle se cloisonne quelquefois tangentiellement pour suivre l'accroissement en diamètre de la stèle ; l'assise génératrice forme alors une couronne continue plus ou moins ondulée.

Le *Kaufmannia Semenovii* Regel nous a montré une assise génératrice surnuméraire, qui se développe aux dépens du péricycle à la face externe du liber primaire. Cette assise a un développement exclusivement centripète et ne fournit que du liber.

Le fait que nous venons de signaler se retrouve avec une intensité plus grande dans la racine et même dans la tige des Primulacées xérophiles du groupe *Aretia*, *Douglasia*, *Dionysia*. Ces plantes ont un liber volumineux, qui s'accroît par l'activité de l'assise génératrice normale et de l'assise péricyclique, qui se cloisonne ici sur tout son pourtour.

Toutes les cellules de la moelle, ou une partie seulement d'entre elles, peuvent se différencier tardivement en vaisseaux ou en sclérenchyme. Cette modification a lieu surtout à la base des racines vers leur région d'insertion sur la tige.

Dans le second type (espèces *xérophiles*), les productions libéro-ligneuses sont abondantes, formant un manchon continu. Le péricycle, collenchymatoïde, cloisonne ses cellules et, dans sa zone interne, se différencie en tissu criblé.

Hypocotyle. — Dans sa région inférieure, l'hypocotyle a la même structure que la racine principale. L'épiderme devient semblable à celui de la tige, avec stomates et poils peu nombreux. L'écorce légèrement chlorophyllienne augmente

un peu d'épaisseur vers l'insertion des cotylédons. Le système conducteur primaire est identique à celui de la racine principale : lame vasculaire bipolaire diamétrale et deux fascicules de tissu criblé. De chaque côté du bois primaire se développent deux massifs libéro-ligneux secondaires sur lesquels s'insèrent, chacun par deux branches et dans le plan du bois primaire, les faisceaux des cotylédons.

La lame ligneuse primaire se termine tout près de l'insertion des cotylédons ou quelquefois vers le milieu de l'hypocotyle. Les vaisseaux les plus âgés sont écrasés, les vaisseaux centraux viennent se mettre en rapport avec les vaisseaux les plus internes des deux massifs secondaires.

CHAPITRE II

LA TIGE

Suivant l'arrangement du système conducteur, la structure de la tige des Primulacées se ramène à deux types :

I. Structure normale, commune à la majeure partie des Dicotylédones : *Les faisceaux foliaires du sommet de la tige, distincts et inégalement distants du centre, se groupent plus bas en une couronne libéro-ligneuse continue*, comprenant un péricycle prosenchymateux, un appareil criblé et un appareil vasculaire concentriques.

II. Structure anormale : *les faisceaux foliaires du sommet de la tige*, collatéraux comme dans le cas précédent et disposés de la même manière, *se prolongent* dans la tige *en faisceaux concentriques*, disposés sur un cercle, ou disséminés irrégulièrement dans le parenchyme, ou encore fusionnés en une couronne anormale continue ou discontinue.

MM. Van Tieghem et Douliot ont expliqué ces structures anormales dans leur mémoire sur la Polystélie (1). Nous allons discuter la Polystélie des Auricules.

(1) Voy. *Historique*.

On considère généralement le cylindre central de la tige comme un tout autonome comparable au cylindre central de la racine. Cette conception nous paraît discutable. Pour peu qu'on étudie la structure d'une tige quelconque tout à fait au sommet, on constate la séparation des traces foliaires au milieu du parenchyme fondamental. Le cylindre central n'existe plus à ce niveau. Si les feuilles sont alternes, les sections des traces foliaires sont disposées sur une spirale ; les plus externes correspondent aux feuilles les plus développées dans la région considérée.

Si les feuilles sont verticillées, par deux, par exemple, la section transversale, qui passe un peu au-dessous de l'insertion des deux mamelons foliaires les plus jeunes, montre les deux traces foliaires correspondantes tout à fait distinctes. Il n'y a pas de séparation entre le parenchyme médullaire et le parenchyme cortical. Plus bas, entre ces deux traces foliaires viennent se placer les traces foliaires des deux feuilles plus âgées. Elles deviennent plus ou moins confluentes et le cylindre central est constitué. S'il existe des faisceaux caulinaires proprement dits, ils se différencient plus bas. Ces faits ne permettent-ils pas de mettre en doute l'autonomie du cylindre central?, et par suite d'enlever à la tige une partie de l'importance morphologique qu'on est convenu de lui accorder. On a déjà émis bien des fois l'idée que la tige n'est pas un membre autonome, mais une association de rachis phytonaires. C'est notre manière de voir.

L'étude du sommet végétatif est venu la consolider. Nous n'avons pu distinguer, en aucun cas, dans le sommet végétatif de ces plantes, au-dessus des mamelons foliaires les plus jeunes, des initiales propres au cylindre central, des initiales propres à l'écorce.

Ces faits acquis, nous avons interprété la structure des *Auricules* d'une manière différente de MM. Van Tieghem et Douliot. Tout d'abord il est évident au point de vue physiologique que l'ensemble des « Stèles » d'une Auricule est équivalent au cylindre central d'une tige normale.

Pour M. Van Tieghem, chaque stèle est morphologiquement équivalente à la stèle unique des tiges normales. Les raisons qu'il donne sont les suivantes :

1° Autour de chaque stèle, les cellules du parenchyme fondamental sont disposées en séries radiales et concentriques, comme c'est le cas autour de la stèle de la tige normale et de la racine. — Mais cette sériation des cellules de l'écorce ne peut servir rationnellement à caractériser le cylindre central. On l'observe autour d'un système conducteur quelconque, à la condition que le parenchyme environnant ait besoin de s'accroître. Autour des traces foliaires de beaucoup de pétioles, des pétioles plus ou moins cylindriques surtout, autour des faisceaux tertiaires de la racine d'*Œnanthe crocata*, le parenchyme est disposé en séries radiales et concentriques.

2° Chaque stèle est entourée par un endoderme. — Mais la gaine endodermique peut revêtir n'importe quel système conducteur.

3° Sous l'endoderme vient un péricycle parenchymateux.

4° Le liber forme des groupements distincts et à chacun d'eux correspond vers l'intérieur un groupe vasculaire constituant avec lui un faisceau libéro-ligneux. — Mais chaque stèle est le résultat de la différenciation d'un cordon procambial homogène. En dehors des anastomoses et des insertions des traces foliaires, le bois forme au centre une masse compacte entourée par une couronne continue de tissu criblé formé de fascicules d'éléments criblés et de cellules parenchymateuses tout comme le tissu criblé des tiges normales et des feuilles. On sait que le tissu criblé ne se différencie pas au contact du parenchyme fondamental dans la tige et la racine; ici il y a au moins une assise de fibres primitives qui l'en séparent et qui constituent ce que les auteurs appellent le Péricycle.

Comment alors interpréter ces faisceaux et définir les tiges dites polystèles?

Pour nous, ces cordons libéro-ligneux sont des faisceaux

anastomotiques comme ceux que l'on rencontre dans le placenta des Primevères.

La tige des *Auricules* n'est pas définie anatomiquement au même titre que les tiges normales. C'est là une infériorité dont la cause nous échappe.

Ajoutons que tout au sommet des tiges polystèles et surtout des tiges gamostèles, les lames libéro-ligneuses concentriques deviennent collatérales, le bois et le liber situés à la face interne du bois centrifuge ne se développent pas.

Un groupe considérable de Primevères présente cette structure anormale. Tournefort, il y a deux siècles, avait séparé le genre *Auricula* des *Primula* en se basant sur des caractères morphologiques. M. Van Tieghem a fait ressortir récemment la nécessité de cette distinction en invoquant ces divergences de structure.

Nous ne pouvons entrer ici dans de grands détails sur les variations si nombreuses que présentent ces anomalies. Nous renvoyons le lecteur à la partie descriptive de notre travail.

Certaines espèces, comme le *P. denticulata* Smith, ont été classées parmi les espèces gamostèles; nous avons montré comment il faut interpréter leur structure, page 96.

Les genres *Bryocarpum* (1 esp.), *Dodecatheon*, *Cyclamen* s'écartent aussi du type normal. Nous sommes les premiers à présenter l'anatomie du *Bryocarpum*; le *Dodecatheon* avait été étudié d'une manière insuffisante.

Malgré ces exceptions, on peut reconnaître dans la tige des Primulacées un certain nombre de types de structure qui, dans l'ensemble, offrent encore une certaine unité. Ce sont des *types physiologiques* caractérisés par leur port et leur structure.

Ces types sont au nombre de trois : le type à port de *Primula*, le type à port de *Lysimachia*, le type à port d'*Aretia*. Les deux premiers sont hygrophiles, le troisième est xérophile.

Le type *Primula* a une tige feuillée très courte, qui s'enfonce graduellement dans le sol, chez les espèces vivaces.

Cette tige présente normalement : 1° un épiderme avec deux formes de poils; 2° une écorce parenchymateuse avec endo-

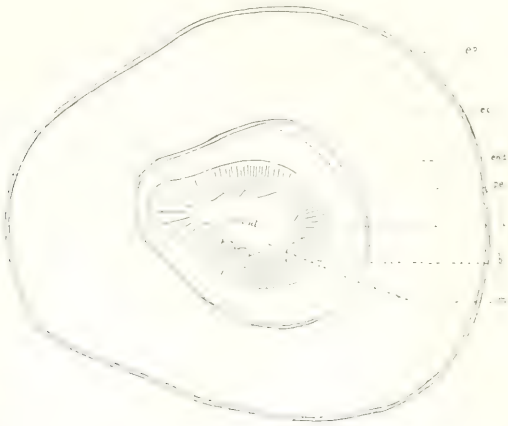


Fig. 4. — *Primula acaulis.* — Section transversale d'une tige.

derme normal ; 3° un système conducteur en couronne continue de composition caractéristique ; 4° une moelle parenchymateuse homogène. Comme ces tiges sont peu élevées ou couchées, le péricycle y reste cellulosique dans la plupart des cas. Il s'y développe parfois un système conducteur surnuméraire, un réseau radicifère dans certaines Primevères (*P. officinalis*) dans *Bryocarpum*, dans *Dodecatheon*.

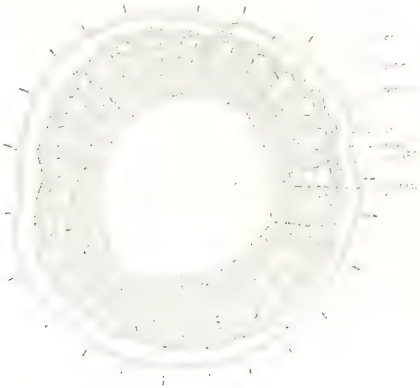


Fig. 5. — Tige de *Lysimachia vulgaris.*

Chez les espèces vivaces du type *Lysimachia*, il y a des rhizomes différenciés et des tiges feuillées longues et dressées. La tige peut se ramener à celle du type précédent. L'épiderme n'y présente qu'une forme de

poils, l'écorce est plus mince, le péricycle toujours sclérifié dans les tiges dressées, le tissu criblé beaucoup moins abondant, le bois plus régulièrement disposé à cause de la longueur plus grande des entre-nœuds.

Le type *Aretia* est franchement xérophile. Il comprend les genres *Aretia*, *Androsace* (partim), *Dionysia*, *Douglasia*, xérophiles alpins et le genre *Coris*, xérophile méditerranéen. En dehors des régions feuillées, l'écorce s'exfolie complètement, sauf l'endoderme. Cette assise protectrice prend des caractères spéciaux, les cellules primitives se cloisonnent activement dans le sens radial et transversal. A la surface de la lamelle primitive subérifiée, se fait un épaississement cellulosique du côté interne.

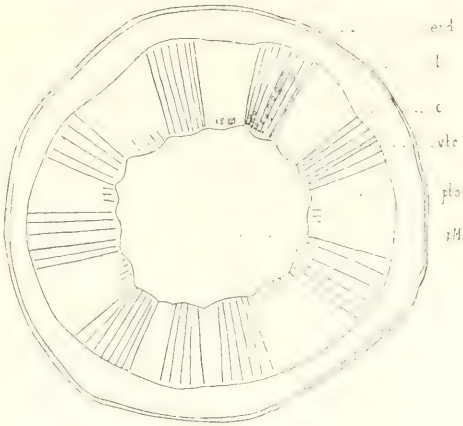


Fig. 6. — *Douglasia vitaliana.*

Le liber prend un volume considérable. Il s'accroît à la fois par le cloisonnement du péricycle et par l'activité de l'assise génératrice normale. De plus, le liber prend un aspect collenchymatoïde très accusé.

Le bois s'accroît dans la même proportion ; il peut même finir par oblitérer la moelle. L'élément parenchymateux cellulosique y est abondant entre les vaisseaux, surtout dans la zone interne.

Voici la nomenclature des genres qui appartiennent à ces trois types physiologiques :

Type Primula : Tige feuillée courte, feuilles serrées, toutes groupées au niveau du sol.

Primula (partim), *Hottonia*, *Cortusa*, *Kaufmannia*, *Stimpsonia*, *Ardisiandra*, *Androsace*, *Pomatosace*, *Soldanella*, *Bryocarpum*, *Dodecatheon*.

Type Lysimachia : Rhizomes différenciés dans les espèces vivaces et tiges dressées.

Lysimachia, *Lubinia*, *Steironema*, *Naumburgia*, *Trientalis*, *Glaux*, *Anagallis*, *Centunculus*, *Apocoris*, *Asterolinum*, *Pelletiera*.

Type Aretia : Plantes gazonnantes à feuilles aciculaires.

Androsace (partim), *Aretia*, *Dionysia*, *Douglasia*, *Coris*.

Les *Cyclamen* n'entrent pas dans ce cadre, à cause de leur adaptation spéciale. Au lieu de résister à la sécheresse par la constitution même de sa tige et de ses feuilles, il possède une abondante réserve d'eau dans son tubercule.

L'anatomie du *Bryocarpum himalaicum* tient à la fois de l'anatomie du *Pr. officinalis* et du *Pr. denticulata*.

Les bandes libéro-ligneuses, plus ou moins fractionnées et disposées sur un cercle, ont à la face externe du tissu criblé normal un système libéro-ligneux radicifère, localisé aux points d'insertion des racines.

Le système conducteur du pétiole est en anneau continu à la base de cet organe. Il se continue en s'ouvrant un peu à travers l'écorce, et vient s'anastomoser avec les bandes conductrices de la tige, de telle sorte que celles-ci présentent, à la face interne de l'appareil vasculaire normal, des lames libéro-ligneuses plus ou moins interrompues.

La modification des *Dodecatheon* est d'un autre ordre. A aucun niveau, le système conducteur de la tige ne forme un manchon continu. Il est dissocié en lames plus ou moins étalées, ou en faisceaux à section ovalaire ou arrondie. Tantôt ces lames ont la structure normale : bande de liber vers l'extérieur, bande ligneuse interne ; tantôt, elles ont la structure des lames libéro-ligneuses du *P. denticulata*. A leur face externe, il peut y avoir différenciation d'un réseau radicifère. Les faisceaux ovalaires ou arrondis sont normaux, ou accompagnés également d'une lame libéro-ligneuse radicifère, ce qui les fait ressembler à des faisceaux collatéraux superposés.

Le mécanisme de l'exfoliation de l'écorce est digne de remarque. Lorsque les cellules épidermiques sont usées par le frottement, le parenchyme cortical se transforme en

un tissu de cicatrisation. Sans donner généralement naissance à un liège proprement dit, il subérifie directement ses membranes. Au fur et à mesure que les couches superficielles se détruisent, le tissu de cicatrisation avance vers le cylindre central et atteint finalement l'endoderme. L'endoderme résiste à l'usure par la vitalité de ses cellules, dont les parois s'épaississent à la face interne de la membrane primitive subérifiée. Pour éviter la rupture de ses éléments, rupture qu'amènerait fatalement l'accroissement en diamètre du cylindre central, l'endoderme divise ses cellules par une série de cloisons longitudinales radiales, et par quelques cloisons transversales.

CHAPITRE III

LA FEUILLE

Pétiole. — Le système conducteur du pétiole ou de la région pétiolaire des feuilles qui n'ont pas de pétiole différencié se compose d'une trace foliaire unique à son insertion.

Il n'y a d'exception que chez les types aberrants, comme les *Auricula*, les *Dodecatheon*, qui présentent d'ailleurs aussi une tige à structure anormale. Ces types ont une trace foliaire plurifasciculée, ce qui constitue un caractère d'infériorité, d'après les travaux de M. Ad. Chatin (1).

Le pétiole unifasciculé apparaît comme un caractère de supériorité des Primulacées.

Contrairement à l'opinion de M. Petit, c'est tout à fait à la base du pétiole qu'il faut chercher la caractéristique anatomique du pétiole, car la ramification peut intervenir à un niveau inférieur au niveau *caractéristique* de M. Petit (2). On sait que ce botaniste place ce niveau au sommet du pétiole.

(1) Ad. Chatin, *Signification du nombre et de la symétrie des faisceaux libéro-ligneux du pétiole* (Bull. Soc. bot. Fr., 1898).

(2) L. Petit, *Le pétiole des Dicotylédones* (Mém. de la Soc. des Sc. de Bordeaux, 1887).

La ramification de la trace foliaire peut même se faire avant la séparation du pétiole de la tige, dans celle-ci même, aussitôt que la trace foliaire se sépare du cylindre central. La trace foliaire peut varier de forme et de volume. Dans les espèces du *type physiologique Primula*, elle est volumineuse, tantôt légèrement arquée (*P. sinensis* (fig. 7), tantôt

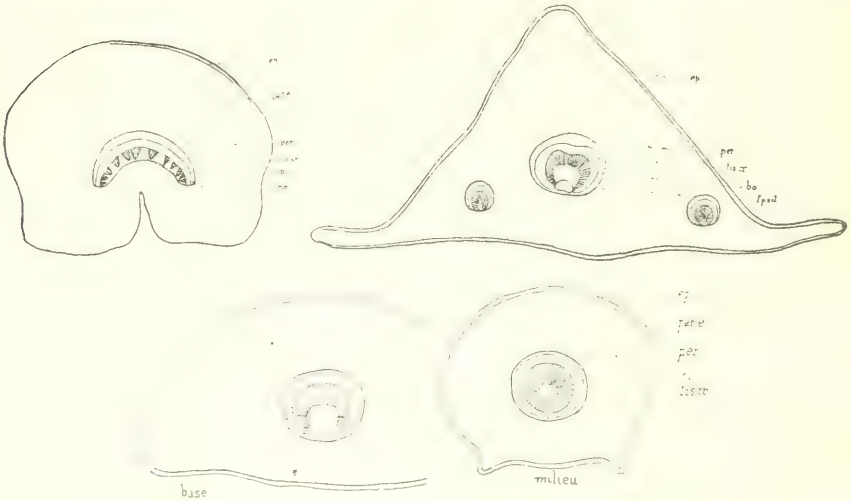


Fig. 7, 8 et 9. — Schéma des pétioles; 2° de *Primula sinensis;* 2° de *P. acaulis* 3° de *Soldanella montana; ep*, épiderme; *par. e*, parenchyme fondamental externe; *per*, périderme; *tis. cr*, tissu criblé; *bo*, bois.

arquée à bords repliés vers l'intérieur (*P. denticulata*), tantôt formant un cordon concentrique formé par le rapprochement des bords (*P. acaulis*, *Soldanella alpina*) (fig. 8 et fig. 9).

Dans les espèces du *type physiologique Lysimachia*, la trace foliaire est plus réduite. Sa section est flabelliforme (fig. 10) : *L. vulgaris*, *Anagallis arvensis*.

C'est dans les types xérophiles que la trace foliaire est la plus réduite; sa section est simplement ovalaire : *Douglasia vitaliana* et toutes les espèces du *type physiologique Arctia* (fig. 11).

En résumé, le système conducteur du pétiole des Primulacées fournit une caractéristique anatomique très importante.

Les différences que présentent les deux types hygrophiles *Primula* et *Lysimachia* nous serviront à caractériser

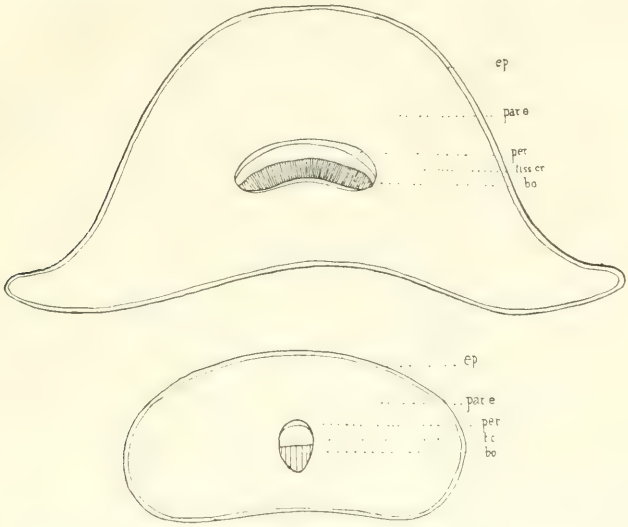


Fig. 10 et 11. — Schéma du pétiole de *Lysimachia vulgaris* et de la base de la feuille de *Douglasia vitaliana.*

deux séries dans la famille des Primulacées. On pourra appeler ces deux séries des sous-familles : la sous-famille des *Primuloïdées* et la sous-famille des *Lysimachioïdées*. La morphologie externe suffit seule à établir cette division ; nous le démontrerons à la fin de cette IIIe partie.

L'écart que présentent les espèces du *type physiologique Aretia* doit être imputé uniquement à l'adaptation au milieu xérophile. L'étude du genre *Androsace*, intermédiaire entre le genre *Primula* et le genre *Aretia*, le démontre nettement ; il renferme des espèces hygrophiles qui ont une trace foliaire de *Primula* et des espèces xérophiles qui ont une trace foliaire d'*Aretia*.

La composition histologique de la trace foliaire est invariable. Elle comprend : 1° plusieurs assises de fibres primitives externes, collenchymatoïdes en général, quelquefois lignifiées ; 2° une bande de tissu criblé ; 3° une assise génératrice ; 4° un cordon vasculaire dont les vaisseaux sont dis-

posés en files radiales très régulières ; 5° plusieurs assises de fibres primitives internes. La composition histologique de l'appareil conducteur du pétiole comme celui des autres organes est d'une homogénéité frappante.

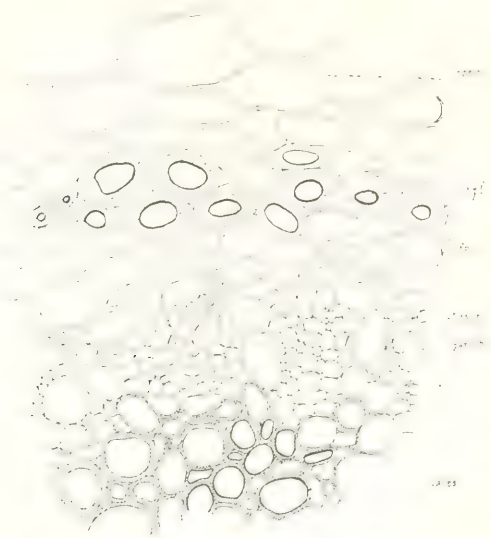


Fig. 12. — Section transversale d'une portion du système conducteur d'un pétiole (*Primula elatior*).

Le parenchyme fondamental du pétiole n'offre aucune particularité. Il est légèrement collenchymatoïde sous l'épiderme.

L'épiderme est semblable à celui de la tige avec des cellules plus volumineuses.

Limbe. — Le limbe a toujours une structure bifaciale, avec une tendance plus ou moins accusée vers la structure centrique dans les espèces xérophiles.

C'est dans les *Auricules* que la différenciation est poussée le moins loin. Il y a encore là un indice d'infériorité.

Examinons les caractères généraux que fournissent l'épiderme, le mésophylle ou parenchyme foliaire, la nervation ou système conducteur considéré dans son ensemble.

Épiderme. — Dans la majorité des espèces, l'épiderme est

semblable sur les deux faces. Dans les régions comprises entre les nervures saillantes, les cellules ont leurs parois radiales ondulées. A la face interne, les cellules sont plus volumineuses qu'à la face externe. Il y a des stomates des deux côtés de la feuille, toujours en plus grand nombre sur la face inférieure. Les poils sont de deux formes : tri-cellulaires courts, à cellule terminale simple ou divisée radialement et *n*-cellulaires longs à cellule terminale sphérique ou acuminée. Cette dernière forme manque quelquefois chez les *Primuloïdées*, elle manque très souvent chez les *Lysimachioïdées*.

La forme typique qui constitue au moins un caractère de famille est la forme *à parois radiales curvilignes ondulées*. La seule différence réside dans l'état généralement plus sinueux des cellules de l'épiderme inférieur et dans leur dimension moindre ; c'est un phénomène d'adaptation d'ordre général : la face supérieure de la feuille est plus soumise aux agents qui activent la transpiration et l'évaporation. L'épiderme est un réservoir d'eau dont les dimensions augmentent avec les causes de déperdition. Ce fait est frappant chez les plantes qui habitent des stations sèches et qui possèdent des racines pénétrant faiblement dans le sol. Ainsi l'*Asterolinum stellatum* a des cellules épidermiques volumineuses des deux côtés de la feuille.

Cependant quand les feuilles sont aciculaires (c'est une forme fréquente chez les plantes xérophiles), on peut ne trouver sur la feuille que des cellules épidermiques prismatiques. L'étude d'un nombre suffisant d'espèces montre toujours des formes de transition ; les espèces du genre *Androsace* sont intéressantes à ce point de vue.

Les stomates occupent fréquemment un niveau légèrement supérieur à celui des cellules environnantes. C'est là un *caractère d'hygrophilie*. Le *Primula sinensis*, le *Cortusa Matthioli* le montrent très développé (fig. 13). Ce caractère est primitif selon nous. Les types xérophiles sont déterminés par une adaptation ultérieure, manifeste dans les

espèces du genre *Dionysia*. Les *Dionysia* protègent, en général, leur mésophylle contre une trop grande évaporation en recouvrant les stomates d'un véritable feutrage de poils mécaniques. Cette protection est encore poussée plus loin par la courbure des bords de la feuille enfermant les stomates dans deux sillons longitudinaux (*D. revoluta*).

Fig. 13. — Coupe transversale (demi-schématique) du limbe foliaire de *Cortusa Matthioli*, pour montrer le niveau des stomates.

Enfin l'épiderme des Primulacées présente deux formes de poils : poils capités à cellule terminale remplie d'huile essentielle, et poils mécaniques. Ceux-là existent partout : ceux-ci sont propres aux espèces xérophiles ; c'est une forme d'adaptation. Nous décrirons ces poils avec plus de détails au chapitre consacré à l'histologie.

Mésophylle. — Le mésophylle est nettement bifacial. Il comprend normalement sous l'épiderme supérieur une seule assise de cellules palissadiques, parfois deux, passant à des cellules tabulaires aplaties parallèlement au plan de la feuille et devenant de plus en plus rameuses à mesure qu'elles s'approchent de l'épiderme supérieur.

La différenciation palissadique se produit très tôt. Dans les mamelons foliaires les plus jeunes, il est déjà possible de reconnaître l'assise palissadique différenciée dès l'origine. Cette observation explique la généralité du caractère fourni par le tissu palissadique et permet d'en faire un caractère systématique applicable à toute la famille.

Les espèces xérophiles ont un parenchyme palissadique plurisérié ou centrique. C'est là encore un phénomène d'adaptation en rapport avec les conditions biologiques où se trouvent ces plantes. Les espèces du type physiologique *Aretia* ont une période végétative très courte ; elles multiplient leur tissu assimilateur, les *Cyclamen* vivent à l'ombre et cherchent à utiliser le plus de lumière possible en augmentant l'épaisseur de leur tissu assimilateur.

Nervation. — La nervation des Primulacées est pennée, avec des caractères très distincts, suivant que l'on considère chacun des types physiologiques déjà caractérisés.

Dans le type *Primula*, la nervure médiane, ainsi que ses principales ramifications, viennent se terminer en hydatode, la première au sommet de la feuille, les autres dans les dents ou les pointes des lobes (fig. 14).

Dans le type *Lysimachia*, la nervure médiane seule se ter-

Fig. 14. — Nervation de la feuille de *Primula farinosa*, *hy*, hydatode.

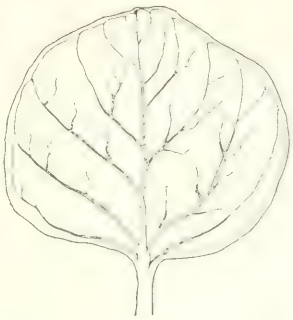


Fig. 15. — Nervation de la feuille de *Lysimachia Nummularia*.

Fig. 16. — Nervation de la feuille d'*Androsace villosa*.

mine en hydatode; ses ramifications sont reliées entre elles à leurs extrémités par des arcs marginaux formant une nervure marginale continue de la base au sommet de la feuille (fig. 15).

Les espèces du type *Aretia* ont une nervation pennée, pauvrement ramifiée. La nervure médiane se termine encore en hydatode (fig. 16).

Cotylédon. — Les cotylédons persistent peu de temps,

mais ils conservent toujours une structure plus ou moins embryonnaire qui est, à fort peu de chose près, la même partout, au moins pour ce qui concerne le mésophylle. L'épiderme est ce qu'il sera dans les feuilles végétatives, tous les caractères étant moins accusés ; ainsi il y a moins de stomates, moins de poils, les cellules sont généralement moins ondulées.

Déjà dans la graine, la structure du mésophylle tend à être bifaciale. L'assise sous-épidermique interne est formée de cellules très larges, mais régulièrement disposées. Dans les nombreuses espèces n'ayant qu'une seule assise de tissu palissadique, on doit admettre que cette assise dérive d'une assise déterminée dès l'origine ; les larges cellules qui la composent se divisent par des cloisons perpendiculaires à la surface. Quand il doit y avoir plusieurs assises palissadiques, les cellules primitives se divisent plusieurs fois tangentiellement.

L'appareil conducteur est toujours peu développé ; tous les faisceaux ont la structure normale et présentent une section ovalaire. La distribution est la même que dans la feuille avec une seule hydatode.

II

L'appareil reproducteur des Primulacées.

CHAPITRE PREMIER

LES TIGES FLORALES

Inflorescence. — Les modes de groupement des fleurs chez les Primulacées peuvent se rallier à deux types généraux :

1° Les fleurs sont isolées à l'aisselle des feuilles végéta-

tives, presque sessiles (*Glaux*) ou portées par un pédoncule (*Anagallis*).

2° Les fleurs sont en grappe terminale, grappe simple (*Lysimachia Ephemerum*), grappe contractée (*Primula*), grappe complexe (*Lysimachia vulgaris*).

Dans le premier type, les fleurs ont déjà une tendance à se rapprocher de l'extrémité des rameaux végétatifs. Au point de vue systématique, il est important de remarquer que la grappe contractée en fausse ombelle est propre à la série des Primuloïdées, que les fleurs isolées, les inflorescences en grappe sont propres à la série des Lysimachioïdées. La valeur systématique de ces deux groupes ira ainsi en s'accusant jusqu'à la fin de notre travail ; nous en résumemerons alors les caractères distinctifs.

Hampe florale. — Les genres *Primula*, *Androsace*, *Ardisiandra*, *Cortusa*, *Soldanella*, *Bryocarpum*, *Pomatosace*, *Stimpsonia*, ont une hampe florale dépourvue de feuilles. Elle possède la structure commune à la majorité des tiges florales des Dicotylédones. L'épiderme est muni de stomates et de poils, de même forme que ceux que portent les autres organes de l'espèce considérée. L'écorce est parenchymateuse homogène, d'épaisseur variable avec les genres, tantôt compacte, tantôt lacuneuse. Le système conducteur comprend un péricycle lignifié issu du méristème vasculaire primitif, un cercle de faisceaux libéro-ligneux dont le nombre varie avec le nombre de fleurs que la hampe porte à son sommet. La moelle est large, parenchymateuse, homogène. Toutes ces régions anatomiques renferment des cellules tannifères.

La disposition régulière des faisceaux libéro-ligneux peut être exceptionnellement altérée. Quand ils sont trop nombreux, ils fusionnent leurs libers en lames plus ou moins étendues. Les faisceaux ligneux ont, dans ce cas, une forme et des dimensions très inégales.

Le développement successif des différentes fleurs d'une inflorescence de Primula, permet d'affirmer que cette inflorescence est une grappe. Dans *P. obconica* Hance, l'angle

de divergence de deux bractées florales successives atteint environ un tiers de circonférence. En se plaçant dans le plan qui divisera en deux parties égales l'inflorescence penchée, on voit se développer les fleurs alternativement de chaque côté (fig. 18). Dans *P. capitata* Hooker, les fleurs sont presque sessiles, étroitement serrées les unes contre les autres, au sommet. Elles s'épanouissent successivement suivant une spirale. Une série de coupes transversales, faites au sommet de la hampe, montre aussi la nature morphologique de l'inflorescence (fig. 19). Le cercle de faisceaux conducteurs s'élargit. Les faisceaux destinés aux pédoncules floraux s'écartent successivement du centre. Chaque groupe se masse en deux bandes latérales et un faisceau externe.

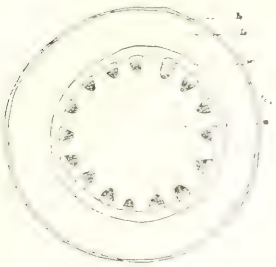


Fig. 17. — Coupe transversale schématique d'une hampe florale de *Primula sinensis* ; *Ep*, épiderme; *Ec*, écorce ; *pe*, péricycle : *fc*, faisceaux libéro-ligneux *m*, moelle.

Fig. 18. — Jeune inflorescence de *Primula obconica*, pour montrer le développement successif des fleurs de la grappe contractée.

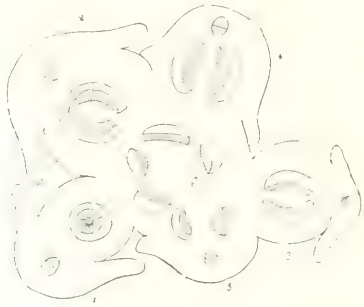


Fig. 19. — Coupe transversale schématique du sommet de la hampe florale de *Primula officinalis* à l'insertion des pédoncules floraux.

Ce dernier constituera la nervure médiane de la bractée. Ces différents systèmes divergent et se détachent successivement, suivant une spire.

Pédoncule floral. — Dans tous les genres pourvus d'une hampe florale, le plan de structure du pédoncule floral est le même que celui de la hampe, avec un nombre moindre de faisceaux libéro-ligneux, souvent cinq, quelquefois, six, sept, dix. Quand il y en a cinq, leur position est déterminée et coïncide avec le plan de symétrie antéro-postérieur du calice.

Dans tous les genres que nous groupons autour du genre *Lysimachia*, tous dépourvus d'une hampe florale, les faisceaux libéro-ligneux ne sont pas distincts ; le système conducteur forme une couronne continue qui se divise en dix faisceaux libéro-ligneux au sommet du pédoncule.

Dans les deux cas, le système conducteur s'unit à celui de la tige ou de la hampe par deux arcs libéro-ligneux qui, dans les Primuloïdées, se divisent en faisceaux libéro-ligneux bien définis et dans les Lysimachioïdées deviennent simplement contigus pour former un manchon libéro-ligneux.

Bractée florale. — Les dimensions des bractées florales varient beaucoup. Sans sortir du genre *Primula*, il suffit de comparer celles du *P. sinensis* ou du *P. verticillata* à celles du *P. farinosa*. Il en est de même dans le genre *Androsace*; citons *A. maxima* comme type à bractées florales volumineuses et *A. septentrionalis* comme type à bractées réduites.

Quand les bractées sont grandes, leur structure rappelle celle de la feuille. Cependant, il faut remarquer que fréquemment, la face externe a moins de stomates que l'interne ou même en est tout à fait dépourvue.

Le système conducteur est beaucoup moins développé, les nervures ne formant jamais de réseau à mailles fermées.

Dans les bractées de petite dimension, la structure est simplifiée, les contours des cellules épidermiques sont rectilignes ou peu s'en faut, les stomates sont surtout ou même exclusivement à la face interne. Le parenchyme est formé de cellules prismatiques volumineuses à la base, allant en se ramifiant vers le sommet.

Parcours des faisceaux dans le réceptacle floral. — Quelle que soit la disposition du système conducteur dans

le pédoncule, il y a toujours dix faisceaux libéro-ligneux à la base du réceptacle floral où s'éteint le péricycle. Cinq de ces faisceaux divergent plus que les cinq autres avec lesquels

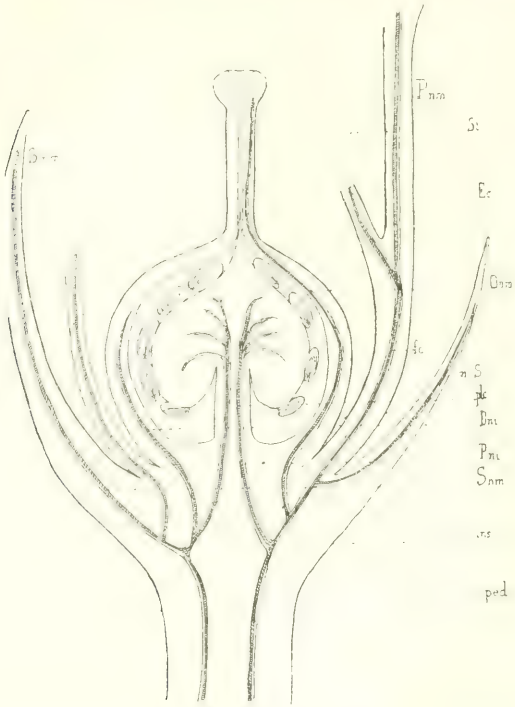


Fig. 20. — Section longitudinale schématique d'une fleur de *Primuloïdée : ped*, faisceau du pédoncule floral se divisant en faisceaux pétalaires *Pnm*, et sépalaires *Snm*, sur lesquels s'insèrent les faisceaux placentaires *plc*, en *ins*, *ms*, faisceau intercalaire du calice; *Pni*, faisceau intercalaire de la corolle; *Onm*, faisceau médian de la paroi ovarienne; *Oni*, faisceau intercalaire; *St*, prolongement du faisceau ovarien médian.

ils alternent ; ils se prolongent dans la nervure médiane des sépales en restant collatéraux sur toute leur longueur. Les cinq autres se transforment en faisceaux concentriques qui se dirigent dans la corolle. Au commencement de la divergence des dix faisceaux, les faisceaux placentaires viennent s'interposer et s'insérer latéralement sur les précédents (fig. 20).

Un peu plus haut, aux faisceaux pétalaires viennent s'unir

les cinq nervures médianes des carpelles. Lorsque la paroi ovarienne présente dix faisceaux au lieu de cinq, les cinq intercalaires viennent se relier aux faisceaux placentaires.

Le calice et la corolle présentent, outre les nervures médianes, des nervures intercalaires, dix pour le calice, cinq pour la corolle. Celles-ci vont s'unir aux faisceaux sépalaires, les dix autres aux faisceaux pétalaires un peu avant la séparation de la corolle, après s'être unis deux par deux.

Il y a lieu d'ajouter ici l'écart que présentent les genres : *Glaux* dépourvu de corolle, *Samolus* à ovaire semi-infère et *Coris* présentant un entre-nœud assez allongé entre le nœud du calice et celui de la corolle.

Dans le *Glaux*, les cinq faisceaux concentriques alternes avec les faisceaux sépalaires se rendent directement dans les étamines et à leur base s'insèrent les faisceaux de la paroi ovarienne, le reste se passant comme dans le cas général.

Dans le *Samolus*, les dix faisceaux que le pédoncule floral présente à son sommet se prolongent dans la paroi ovarienne, les faisceaux placentaires s'insérant sur eux tout à la base du réceptacle floral qui est très réduit ici. Cinq de ces faisceaux se prolongent dans la nervure médiane du calice; les cinq autres se divisent en deux branches au niveau de l'insertion de la corolle, la plus externe se rendant dans la corolle, l'autre se prolongeant dans la partie supérieure de la paroi ovarienne et de là dans le style.

Dans le *Coris*, les dix faisceaux du pédoncule se prolongent dans le calice. Les faisceaux placentaires s'unissent aux précédents avant leur entrée dans le calice ; sur eux s'insèrent d'abord les faisceaux pétalaires, puis ceux de la paroi ovarienne.

Cet exposé rapide du parcours des faisceaux dans la base de la fleur, nous montre qu'à ce point de vue le rameau floral se comporte tout autrement que les rameaux végétatifs et si l'on compare ces observations avec le résultat des dernières recherches sur le système conducteur floral, on

voit que les Primulacées constituent une exception remarquable parmi les Phanérogames.

Le parenchyme conjonctif du réceptacle floral mérite d'attirer l'attention.

Dans la majorité des genres, les cellules y sont rameuses, plus grandes qu'ailleurs et possèdent des membranes épaissies, sauf dans la région médullaire où il est toujours compact, formé de cellules discoïdes à parois minces.

Dans la région comprise entre les deux cônes vasculaires formés vers le bas par l'épanouissement des faisceaux du pédoncule floral et vers le haut par l'épanouissement des faisceaux placentaires, une partie du parenchyme ayant la forme d'une lentille biconvexe, subérifie complètement ses membranes. Il en est de même de chaque côté de l'insertion de la corolle, puis sous cette insertion même; ce phénomène, ajouté à la compression due à l'augmentation de volume de la base de l'ovaire et du calice, détermine la chute de la corolle.

CHAPITRE III

LE CALICE

Le calice est gamosépale, à tous les degrés ; le tube peut être très long, comme dans le *Primula officinalis*, ou presque nul, comme dans les *Anagallis*. Sa structure varie de même. Ce qu'il y a de plus constant, c'est la distribution du système conducteur.

Sauf dans quelques fleurs de petite dimension, chaque sépale reçoit à sa base trois faisceaux libéro-ligneux, l'un formant la nervure médiane terminée en hydathode, les deux autres formant les nervures marginales. Ces nervures se ramifient un petit nombre de fois, sans former d'anastomoses. Elles se terminent à une petite distance du bord. A tous les niveaux et dans toutes les espèces, les faisceaux des nervures sont collatérales, à bois interne.

L'épiderme présente les mêmes caractères que celui de la feuille, avec un nombre de stomates généralement plus grand à la face interne et une accentuation plus marquée des stries cuticulaires, s'accusant surtout pendant la fructification.

Le plus souvent, un parenchyme lacuneux forme le mésophylle dans presque toute son étendue. A l'insertion des sépales, le parenchyme est prismatique, à parois minces ou collenchymateuses. Il devient lacuneux un peu plus haut et passe dans la partie libre des sépales à un tissu palissadique qui augmente vers le sommet, peut s'étendre sur la face externe et devenir centrique. Ce fait est très net dans le calice d'*Androsace maxima*.

CHAPITRE III

LA COROLLE

La corolle des Primulacées présente deux parties à considérer : le *tube* et le *limbe*. Il convient d'étudier parfois une région intermédiaire, la *gorge*.

En se basant uniquement sur la morphologie, on peut déjà grouper tous les genres de Primulacées en deux séries ; la première, comprenant autour du genre *Primula* tous ceux qui présentent un tube de longueur au moins égale au limbe portant les étamines insérées à un niveau supérieur à l'ovaire, la seconde comprenant les genres voisins de *Lysimachia* chez lesquels le tube est très court ou nul et les étamines insérées à un niveau inférieur à l'ovaire. Seul le genre *Coris*, qui est bien plus voisin des *Lysimachia* que des *Primula*, embarrasse dans ce groupement, parce qu'il possède une corolle fortement gamopétale. L'anatomie résout nettement cette difficulté.

En effet, il existe seulement deux modes de structure : le type *Primula* et le type *Lysimachia* auquel se rattache le *Coris*.

Type Primula. — a. *Tube.* Les cellules épidermiques et les cellules du parenchyme sont régulièrement prismatiques, à parois minces ne renfermant en général qu'un suc aqueux; la cuticule est mince et ornée de stries droites, parallèles et verticales. — b. *Gorge et limbe.* Les cellules épidermiques deviennent polygonales et isodiamétriques vues de face. A la

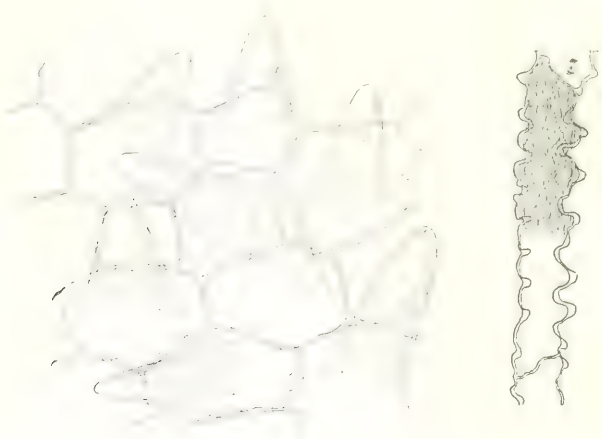


Fig. 21. — Cellules épidermiques de la corolle de *Primula sinensis* et de *Lysimachia Ephemerum.*

face interne, elles se prolongent en général en papilles cylindro-coniques plus longues dans la région de la gorge où elles retiennent les grains de pollen. Ceux-ci s'attacheront aux insectes par lesquels s'opère la fécondation croisée. Le parenchyme revêt un caractère particulier; les cellules en sont aplaties parallèlement à la surface et rameuses dans le plan du limbe.

Fréquemment, les cellules de l'épiderme externe présentent des replis internes analogues à ceux que l'on trouve dans les cellules épidermiques de la corolle des *Geranium*, dans les cellules du parenchyme des feuilles de Pin.

L'appareil conducteur est formé dans le tube par un système de dix nervures dont nous avons indiqué les insertions. De ces dix nervures, cinq ont une structure concentrique

sous l'insertion des étamines et prennent plus haut le type collatéral que possèdent dès la base les cinq nervures intercalaires.

Type Lysimachia. — La différence, que nous avons regardée comme importante en raison de sa généralité, ne porte que sur l'épiderme du limbe. Les cellules épidermiques sont *très allongées* dans le sens de la nervure médiane et présentent des contours curvilignes *ondulés* (fig. 21). Fréquemment sur la face interne, chaque cellule se prolonge en une *série de papilles* cylindro-coniques.

Dans les deux cas, *aucune nervure ne se termine en hydathode*, contrairement à ce qui a lieu dans la feuille.

Si l'on suit le développement de la corolle et des étamines, on remarque qu'à l'origine, les pétales et les étamines sont distincts. Plus tard seulement, lorsque l'étamine est différenciée, la partie du tube de la corolle située sous l'insertion des étamines prend naissance et s'accroît. Ce fait, rapproché de la structure concentrique des faisceaux médians du tube, permet de penser que la partie située sous l'insertion des étamines n'appartient pas à la corolle. C'est une région commune à l'étamine et au pétale correspondant. Il faut dès lors écarter l'hypothèse qui consiste à regarder l'étamine des Primulacées comme un appendice de la corolle.

CHAPITRE IV

L'ANDROCÉE

Les étamines sont toujours au nombre de cinq et oppositipétales, insérées sur ce qu'on considère, peut-être à tort, comme le tube de la corolle. Le filet est dorsifixe.

Dans la série des Primuloïdées, le filet est très court. Il ne dépasse pas la longueur de l'anthère. *Celle-ci est bifide à ses deux extrémités.*

Dans la série des Lysimachioïdées, le filet dépasse plusieurs

fois la longueur de l'anthère. *Celle-ci est mucronée à son sommet et bifide à la base seulement.*

Nous avons étudié la structure de l'étamine dans un nombre considérable d'espèces. Partout le filet et l'anthère ont présenté les mêmes caractères.

Le filet a une section circulaire ou légèrement aplatie dans le sens tangentiel. Il présente un épiderme formé de cellules prismatiques, toujours dépourvu de stomates, muni quelquefois de poils semblables à ceux que porte le reste de la plante (certains *Lysimachia*), ou tout à fait particuliers (les *Anagallis* et surtout l'*A. tenella*) (fig. 83). Sous l'épiderme, vient un parenchyme incolore, à cellules prismatiques ou cylindriques beaucoup plus longues que larges, droites ou quelque peu ondulées, de manière à laisser entre elles des lacunes longitudinales. Un *faisceau concentrique* à symétrie parfaitement axile occupe le sens du filet et se prolonge dans le connectif.

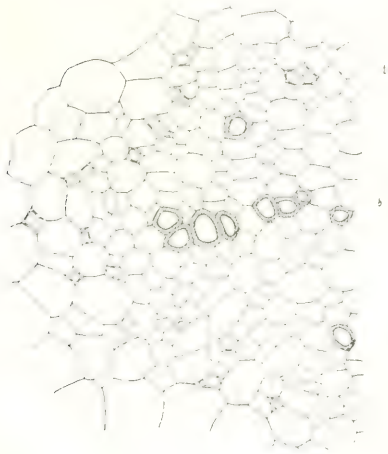


Fig. 22. — Coupe transversale de la moitié du faisceau staminal de *Cyclamen neapolitanum* (gr. = 400), *tc*, tissu criblé; *b*, bois.

Le liber forme un anneau périphérique de fascicules criblés issus de la différenciation d'une seule cellule cambiale, fascicules séparés du parenchyme cortical par une seule assise de fibres primitives, séparées les uns des autres par un ou plusieurs de ces éléments. Le bois occupe le centre et se compose uniquement de vaisseaux, qui se différencient dans le sens radial. Entre le bois et le liber, il se produit un cambium à fonctionnement très limité, assez épais, mais ne fournissant que des vaisseaux.

L'anthère présente quelques variations dans sa forme

et ses dimensions ; mais sa structure est uniforme. Au moment où les grains de pollen sont encore enfermés par quatre dans leurs cellules mères, l'anthère est constituée à l'extérieur des sacs polliniques par un épiderme et un parenchyme encore méristématique traversé dans la région dorsale du connectif par le prolongement du faisceau concentrique du filet. A ce moment il y a, autour des sacs polliniques une seule assise de parenchyme nourricier qui difflue aussitôt que les grains de pollen sont indépendants.

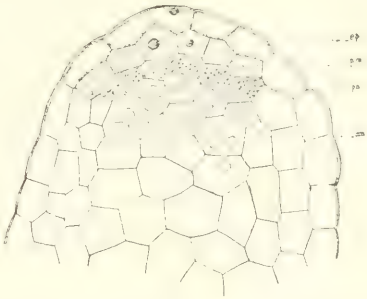


Fig. 23. — Section transversale d'une portion d'anthère jeune (*P. Forbesii*); *cp*, épiderme; *pm*, assise mécanique externe; *pn*, assise nourricière; *cm*, cellules mères des grains de pollen (gr. = 400).

Les cellules épidermiques sont polygonales de face dans les Primuloïdées ; elles ont des contours ondulés dans les Lysimachioïdées. On y observe quelquefois des poils courts, tri-cellulaires et très rarement des stomates. Leur contenu disparaît de bonne heure, ce qui favorise la déhiscence de l'anthère.

Le parenchyme mécanique rentre dans le cadre des types décrits par M. Leclerc du Sablon (1). La description qu'il a donnée pour le *Lychnis dioica* s'applique à beaucoup de Primulacées : « Les cellules de l'assise fibreuse sont assez régulières et allongées transversalement; la face interne porte des ornements nombreux parallèles à l'axe de l'anthère et prolongées dans les parois radiales (à leur face interne) par deux branches qui se terminent au contact de la face externe. Celle-ci est complètement dépourvue de parties lignifiées. On voit donc que tous les ornements ont la forme d'un U dont les branches sont tournées vers l'extérieur. »

Ces épaississements en U sont limités à une plage longi-

(1) Leclerc du Sablon, *Recherches sur la structure et la déhiscence des anthères* (Ann. des Sc. nat. Bot., 7e série, t. I, 1885).

tudinale, de chaque côté de la ligne de déhiscence. Au delà, vers le connectif, le parenchyme mécanique devient plus épais, envahissant plus ou moins tout le connectif ; les épais-

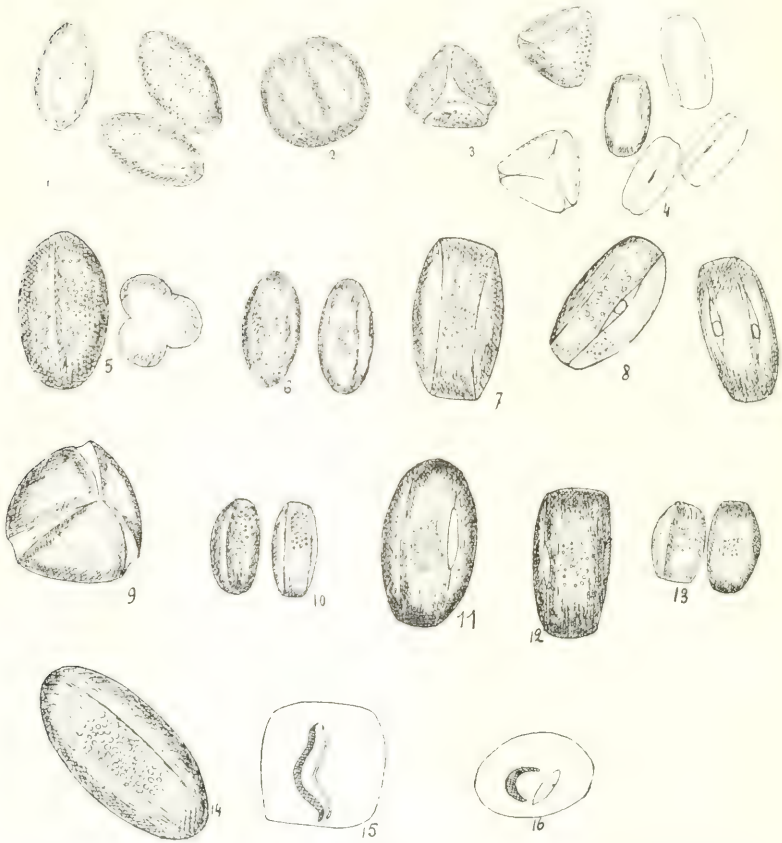


Fig. 24. — Principales formes des grains de pollen : 1, *Primula sinensis;* 2, *P. elatior;* 3, *P. Forbesi;* 4, *Androsace villosa;* 5, *Hottonia palustris;* 6, *Samolus Valerandi;* 7, *Lysimachia Nummularia;* 8, *Steironema ciliatum;* 9, *Trentalis europæa;* 10, *Asterolinum stellatum;* 11, *Anagallis phœnicea;* 12, *Cyclamen Coum;* 13, *Cyclamen libanoticum;* 14, *Coris monspeliensis;* 15, *Cyclamen Coum* et 16 *Lysimachia verticillata*, grains traités par le *carmin aluné*.

sissements y deviennent spiralés. Ces cellules se contractent sur toute leur surface et aident par suite les cellules U à déterminer la déhiscence. Souvent aussi tous les épaississements sont spiralés.

Le type du *Malva sylvestris*, que M. Leclerc du Sablon étudie en premier lieu, n'est qu'une modification du type précédent, une complication renforçant la puissance des éléments mécaniques. En effet, dans ces « cellules à griffes », les parties coudées des U sont unies entre elles par un épaississement couvrant presque toute la face interne des cellules. Ce type se rencontre chez les Primulacées (*Coris*), mais très rarement.

Pollen. — A peu d'exceptions près, les grains de pollen sont ellipsoïdes un peu aplatis suivant trois faces dans le sens longitudinal. Ils présentent trois plis méridiens ayant trois pores en leur milieu. La surface est toujours finement ponctuée (fig. 25).

La cloison en verre de montre qui sépare le grain jeune en deux cellules disparaît à la maturité. Le protoplasme est finement granuleux, coloré en jaune clair par de fines gouttelettes d'huile. Les deux noyaux sont inégaux, en forme de fuseau et tordus en spirale comme des anthérozoïdes. Le plus volumineux, noyau fécondant, se colore toujours beaucoup plus par les réactifs que le noyau végétatif (fig. 25, 15 et 16).

CHAPITRE V

LE PISTIL

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — L'épiderme est nettement bifacial. A la face externe, les cellules ont des contours rectilignes. De face leur contour est polygonal et isodiamétrique. Il y a, en général, des poils tri-cellulaires courts disséminés en petit nombre sur toute la surface. Les stomates sont moins fréquents et sont quelquefois localisés, soit à la base, soit au sommet de la paroi ovarienne. Les cellules de l'épiderme interne sont très étroites et très longues.

Les stries cuticulaires externe sont parallèles, ondulées et ne passent pas d'une cellule à l'autre au-dessus des cloisons

radiales où il se forme tardivement de petites stries transverses. Ces ornements de la cuticule s'accusent fortement pendant la maturation des graines. A la face interne, la cuticule est mince et reste lisse.

L'épaisseur du parenchyme varie avec les genres, suivant le volume de l'ovaire. Ainsi les *Cyclamen* ont une paroi ovarienne épaisse comprenant à la base six à huit assises de cellules, tandis que les *Centunculus* et *Asterolinum* n'ont à la base de l'ovaire qu'une épaisseur de deux assises de cellules.

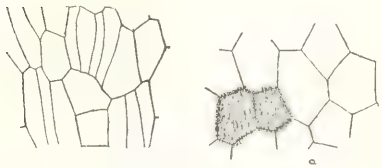


Fig. 25. — Epiderme externe et interne de la paroi ovarienne de *Lysimachia Ephemerum*.

Au sommet de l'ovaire, l'épaisseur du parenchyme est toujours plus grande.

Dans toute la région inférieure, les cellules sont prismatiques ou polyédriques, toutes semblables ; plus haut, au niveau où doit se produire la déhiscence, la forme des cellules se différencie ; vers la face interne, elles sont prismatiques et très longues ; vers la face externe, elles sont plutôt polyédriques. Cette disposition est déjà en rapport avec la déhiscence de la capsule.

Les faisceaux libéro-ligneux, au nombre de cinq ou de dix, sont très réduits et ne se développent qu'après la différenciation déjà avancée des faisceaux placentaires ; ils sont collatéraux et le liber a une tendance à envelopper le bois ; ils forment le passage de faisceaux collatéraux aux faisceaux concentriques.

Ces faisceaux courent dans la paroi ovarienne très près de l'épiderme interne dont ils sont séparés à peine par une ou deux assises de parenchyme. Cette disposition est favorable à la déhiscence du fruit.

Style. — Le style est cylindrique ou légèrement conique. Dans toutes les Primuloïdées, il est renflé en stigmate papilleux à son sommet. Dans les Lysimachioïdées, il n'y

a pas destigmate, la pointe est mousse et papilleuse.

L'épiderme externe est formé de cellules prismatiques régulières, entremêlées de poils sécréteurs, renflées au sommet en papilles stigmatiques (fig. 26).

Cinq faisceaux libéro-ligneux, prolongement des cinq nervures médianes de l'ovaire, parcourent le parenchyme dans toute son étendue, réduits à quelques éléments criblés et vasculaires, divisant le parenchyme en deux zones. La zone externe est réduite à deux assises de cellules prismatiques, courtes; la zone interne comprend des cellules de plus en plus allongées vers le canal stylaire. Elles contiennent un protoplasme très dense et constituent le parenchyme conducteur.

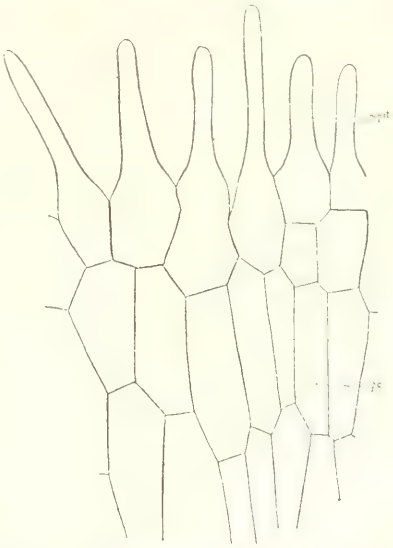


Fig. 26 — Région périphérique du stigmate de *Primula elatior* en coupe transversale (gr = 100 diam.); *pap. st*, papilles stigmatiques; *pc*, parenchyme conducteur.

Quand le style persiste dans le fruit, toute la zone interne se sclérifie fortement (fig. 31).

Dans la plupart des genres, la partie inférieure du canal stylaire est occupée par un prolongement purement parenchymateux du placenta.

Placenta. — Le placenta comprend une pédicelle cylindrique et une région ovulifère arrondie ou conique qui dans la plupart des genres se prolonge dans le canal stylaire.

Les cellules épidermiques sont très peu caractérisées, rarement cutinisées; nous avons fréquemment observé à leur surface une mince couche de substance mucilagineuse servant probablement au développement des tubes polliniques. Parfois ces cellules sont prolongées en papilles courtes.

Le parenchyme du pédicelle est formé de cellules pris-

matiques régulières très courtes, disposées en files verticales qui vont s'épanouir en gerbes dans la région ovulifère où, par les progrès de la croissance, elles deviennent polyédriques, volumineuses et perdent cette disposition régulière.

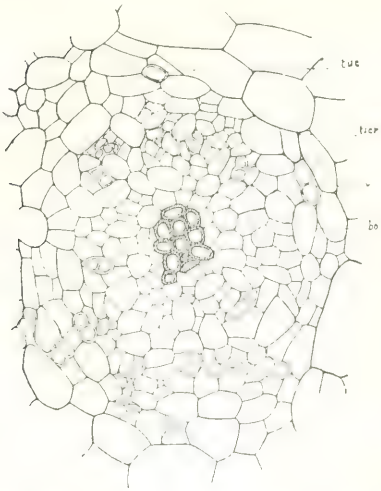


Fig. 27. — Coupe transversale d'un faisceau placentaire de *Primula acaulis* *ti. cr*, tissu criblé; *c*, cambium; *bo*, bois.

Le système conducteur est formé par cinq à dix faisceaux, concentriques, au moins sur une partie de leur parcours (fig. 27). Dans les *Lysimachioïdées* et quelques *Primuloïdées*, le bois et le liber ne se développent pas vers la face externe. Ce phénomène peut se produire sur les faces radiales du faisceau ; on a ainsi des faisceaux libéro-ligneux orientés inversement, mais ce sont toujours des faisceaux indéterminés au point de vue de l'orientation et qui ne sont pas homologues, des faisceaux collatéraux des hampes florales, par exemple (fig. 28).

Fig. 28. — Coupe transversale d'un faisceau placentaire de *Lubinia spathulata* Vent. *vb*, bois; *camb*, cambium; *vlib*, tissu criblé; *c*, centre du placenta.

Dans la masse placentaire, ces faisceaux se ramifient vers les ovules à un ou plusieurs niveaux, sans les atteindre. Ils se prolongent jusqu'à eux par un groupe de cellules conductrices non différenciées. Ces terminaisons sont collatérales.

Dans le *Primula farinosa*, dans les *Douglasia*, les *Asterolinum* et autres *Lysimachioidées* de petites dimensions,

dans le *Coris*, les faisceaux placentaires au-dessus de leur insertion s'unissent de manière à former une colonne libéro-ligneuse centrale qui atteint le milieu du placenta et ne s'y ramifie pas (fig. 29).

Le parcours des faisceaux dans le réceptacle floral, la structure des faisceaux placentaires, montrent nettement qu'il est impossible d'attribuer la valeur de tige au placenta des Primulacées.

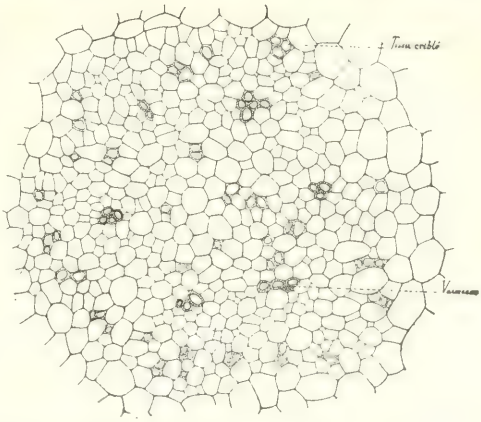


Fig. 29. — Coupe transversale du système conducteur du placenta de *Douglasia vitaliana* (gr. = 450).

Reste donc l'hypothèse de M. Van Tieghem. C'est celle qu'il est le plus sage d'admettre.

Ovule. — L'uniformité de structure de l'ovule, jusque dans les détails les plus intimes, constitue le caractère le plus constant de toutes les Primulacées. Il en sera de même pour la graine.

L'ovule est anatrope descendant, à micropyle tourné généralement vers le placenta (fig. 30).

Il comprend deux téguments : l'externe formé par deux assises de cellules, l'interne par trois assises. Les deux premières sont prismatiques tabulaires, ainsi que les troisième et quatrième, mais la cinquième est formée de cellules très allongées radialement.

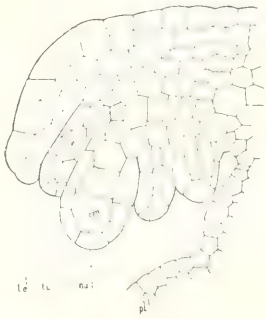


Fig. 30. — Section longitudinale axile d'un ovule jeune de *Lubinia spathulata* Vent. *nu*, nucelle ; *cm*, cellule mère du sac embryonnaire ; *te*, tégument externe ; *ti*, tégument interne (gr. = 400).

A la périphérie, une cuticule mince recouvre l'ovule et la membrane en contact avec le nucelle est également cutinisée.

Toutes les cellules des téguments sont remplies d'un protoplasme très dense renfermant en son milieu un noyau volumineux.

Les téguments occupent presque tout le volume de l'ovule ; par contre, *le nucelle est très réduit*. Il est formé par un ensemble de cellules groupées en une sorte de fuseau qui occupe toute la longueur de l'ovule ; ces cellules se distribuent en une assise périphérique et une file axile, dont *la cellule voisine du micropyle* deviendra la cellule-mère du sac embryonnaire. Mais il est important de remarquer qu'on ne trouve cette constitution du nucelle que dans des fleurs très jeunes. *De bonne heure toutes les cellules du nucelle diffluent sauf une, et servent à la nutrition et au développement du sac embryonnaire qui a la structure normale.*

Anatomie du fruit. — Le calice est partout persistant, jouant jusqu'à la fin de l'évolution de la plante un rôle de soutien, de protection et par le fait de sa pesanteur contribuant à la détermination des graines.

Il subit des modifications anatomiques qui sont en relation avec ce triple rôle. L'épiderme interne du calice épaissit considérablement ses cellules sur leurs faces internes et radiales. Le parenchyme qui entoure les nervures subit la même modification.

Paroi de la capsule. — Comme dans la plupart des fruits secs, il n'y a pas prolifération des cellules de la paroi ovarienne, les seules modifications résident dans une lignification plus ou moins considérable des cellules épidermiques et parenchymateuses.

Dans tous les cas, toutes les cellules de l'épiderme interne épaississent et lignifient considérablement leurs parois ponctuées transversalement et par suite moniliformes, vues de face. Cette lignification peut se prolonger à l'épiderme du pédicelle placentaire.

Dans la partie supérieure du fruit, sur toute la hauteur où se produiront les lignes de déhiscence, le parenchyme se sclérifie, sauf le long des faisceaux libéro-ligneux, générale-

ment au nombre de cinq ou de dix. La sclérification peut ne pas intéresser toute la paroi, la région interne reste parenchymateuse, comme l'a observé M. Leclerc du Sablon (1) dans le *Primula elatior*. Plus généralement, une sclérification inégale détermine deux couches : une couche externe à cellules volumineuses à parois très épaisses, une couche interne dont les parois cellulaires se sont moins épaissies. Sous l'action de la dessiccation, il est évident que la couche externe se contractera avec plus d'intensité que la couche interne et que la déchirure se produira suivant les lignes de moindre résistance que présente la région des faisceaux (fig. 31).

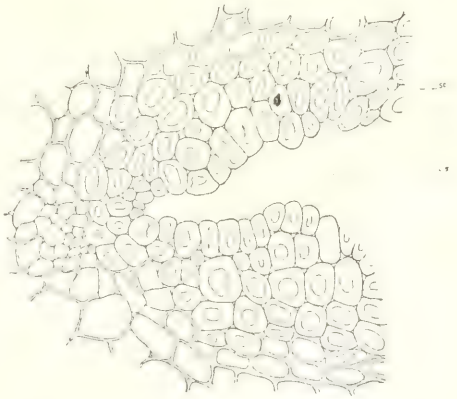


Fig. 31. — Section transversale d'une portion de la base du style de *Lysimachia Ephemerum* *sc.* sclérenchyme ; *cs*, canal stylaire.

Le parenchyme du placenta présente quelquefois des cellules épaissies spiralées (*Primula elatior*). L'amidon y est extrêmement abondant, même après la déhiscence du fruit. Jusqu'à cette époque, de nombreux chloroplastes contribuent à la formation des réserves.

Le bois des faisceaux présente un plus grand nombre de vaisseaux que dans la fleur.

Graine. — Après la fécondation, les deux téguments de l'ovule jouent un rôle très actif dans la formation de la graine. Une vie intense s'y manifeste; des chloroplastes se multiplient dans le tégument interne et contribuent à l'édification de l'albumen. Ces deux téguments donnent respectivement les deux téguments de la graine.

(1) Leclerc du Sablon, *Loc. cit.*

Tégument externe. — Il est formé de deux rangées de cellules parfaitement caractérisées.

Les cellules de la rangée externe sont prismatiques, volumineuses. La paroi superficielle de couleur brune, cutinisée et striée, est fréquemment prolongée en papille. Par la dessiccation, ces papilles se retournent souvent dans l'intérieur de la cellule, vide de contenu à la maturité.

Les cellules de la deuxième rangée sont également pris-

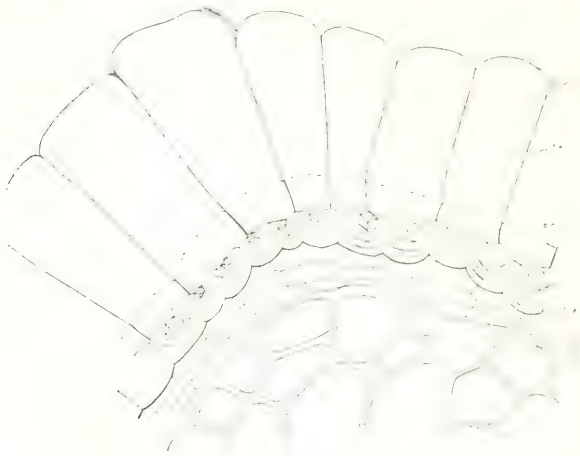


Fig. 32. — Coupe transversale de la graine de *Naumburgia thyrsiflora ; te*, tégument externe; *ti*, tégument interne; *oc*, cristal d'oxalate de calcium; *al*, parenchyme de l'albumen, (gr. = 400).

matiques, à base 5-6-gonales, l'axe du prisme étant orienté perpendiculairement à la surface, comme dans la rangée externe. Les membranes sont cellulosiques et très épaisses, ne laissant qu'une petite cavité cellulaire occupée complètement par un cristal monoclinique d'oxalate de calcium appliqué contre la base externe. Pendant la germination, ces cristaux ne sont pas dissous. (fig. 32 et fig. 33).

Tégument interne. — Il est formé en général des trois rangées qui composaient le tégument ovulaire interne. Les cellules en sont tabulaires, plus ou moins écrasées, à parois quelquefois épaissies, vides de contenu.

Dans toutes les Primulacées, l'homogénéité du tégument est parfaite. Il en est de même pour l'albumen. Partout les cellules sont polyédriques et remplies d'huile et d'aleurone. Les seules variantes portent sur l'épaississement des membranes, la cellulose constituant, lorsqu'elle est abondante, une troisième substance de réserve.

Entre l'albumen des *Soldanella* dont les membranes sont

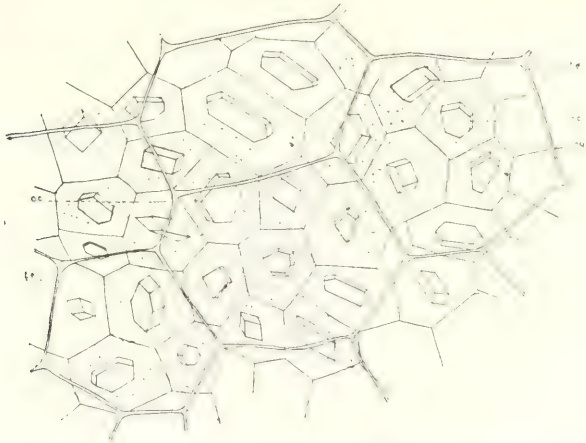


Fig. 33. — Tégument externe de la graine de *Glaux maritima* vu de face; *te*, assise externe; *oc*, cristal d'oxalate de calcium; *pc*, paroi cellulosique épaissie de l'assise sous-superficielle, (gr. = 400 diam).

très minces, et l'albumen des *Cyclamen* à membranes épaissies, il y a toute une gamme d'intermédiaires.

L'embryon lui-même présente partout la même constitution. Outre la substance protoplasmique, ses cellules sont très riches en réserves, l'épiderme renferme surtout de l'huile.

Les cotylédons appliqués l'un contre l'autre ont une section demi-circulaire. Ils occupent environ un tiers de la longueur totale de l'embryon. Un seul faisceau procambial parcourt tout le mésophylle, très près de la face interne. Ce mésophylle est constitué par un parenchyme méristématique compact. L'assise qui vient sous l'épiderme interne présente déjà un léger allongement de ses cellules, perpendiculaire-

ment à la surface. Cette assise de cellules deviendra l'assise palissadique unique des cotylédons.

L'axe hypocotylé qui occupe le reste de la longueur de l'embryon est cylindrique. Il est terminé du côté des cotylédons par une légère proéminence constituant le méristème terminal, d'où sortira la tige. Il nous a été impossible d'y distinguer des cellules initiales pour l'écorce et le cylindre central. Celui-ci n'existe qu'après la réunion des deux faisceaux cotylédonaires en une masse cylindrique parfaitement homogène.

Du côté opposé aux cotylédons, l'*hypocotyle* est terminé par un sommet végétatif de racine à constitution normale.

A l'état embryonnaire, l'*hypocotyle* comprend donc un épiderme sans stomates ni poils, un parenchyme cortical méristématique et un cylindre central de méristème vasculaire.

D'après tout ce que nous venons de voir, tant au point de vue morphologique qu'au point de vue anatomique, les Primulacées doivent être groupées en deux séries très distinctes ayant pour genre nodal l'une le genre *Primula*, l'autre le genre *Lysimachia*. On pourra considérer ces deux séries comme deux sous-familles, que nous appellerons les Primuloïdées et les Lysimachioïdées. Le tableau suivant résume leurs caractères distinctifs.

Primuloïdées.	Lysimachioïdées.
I. — *Caractères morphologiques*	
Pas de rhizomes différenciés dans les types vivaces.	Rhizomes différenciés dans les types vivaces.
Tiges aériennes toujours courtes.	Tiges dressées à entre-nœuds distincts.
Nervation pennée normale.	Nervation pennée à nervures marginales.
Généralement une hampe florale.	Jamais de hampe florale différenciée.

Calice fortement gamosépale.	Calice à peine gamosépale.
Corolle fortement gamopétale.	Corolle à peine gamopétale.
Étamines insérées au-dessus de l'ovaire.	Étamines insérées tout à la base de la corolle.
Anthères divisées à la base et au sommet.	Anthères divisées à la base, mucronées au sommet.
Filet ne dépassant pas la longueur de l'anthère.	Filet dépassant plusieurs fois la longueur de l'anthère.
Stigmate capité.	Style terminé en pointe obtuse.

II. — *Caractères anatomiques.*

Tiges feuillées à péricycle cellulosique.	Tiges feuillées à péricycle lignifié.
Tiges florales à faisceaux conducteurs distincts.	Tiges florales à faisceaux confluant en une couronne continue.
Faisceaux placentaires concentriques.	Faisceaux placentaires collatéraux inversement orientés par rapport à ceux de la tige.
Épiderme de la corolle : cellules polygonales vues de face, à contours rectilignes ou à peine sinués.	Epiderme de la corolle : cellules très allongées à contours ondulés.

TROISIÈME PARTIE

HISTOLOGIE GÉNÉRALE

L'importance de l'étude histologique approfondie des appareils n'est plus à démontrer. Cette étude peut fournir des données utiles à la physiologie et à la systématique.

Nous avons groupé les tissus en trois systèmes :

1° Le système épidermique : Épiderme et Liège.

2° Le système fondamental : Parenchymes.

3° Le système conducteur : Bois et Liber.

CHAPITRE PREMIER

LE SYSTÈME ÉPIDERMIQUE

Épiderme. — L'épiderme des Primulacées peut se ramener à un type unique malgré des variations qui portent sur la forme des cellules, sur l'épaississement des membranes, sur le nombre et la répartition des stomates, sur la forme et la répartition des poils.

D'une manière constante, les cellules épidermiques sont entremêlées de stomates et de poils à la surface de la tige et de la feuille, du calice et de l'ovaire.

Cellules épidermiques. — Sur la tige, sur le pétiole, le long des nervures saillantes de la feuille et des sépales, à la base des pétales, sur le filet et le style, les cellules de l'épiderme sont de forme prismatique, terminées en biseau à l'une de leurs extrémités. Les parois externes sont épaissies, les radiales minces de telle sorte que la section transversale

de la cavité des cellules présente fréquemment la forme de tonneau lorsque ces parois sont bombées de part et d'autre, comme cela arrive chez beaucoup de *Primuloïdées*, chez les *Samolus* et les *Coris*. La face interne de la membrane externe est plane en général dans les *Lysimachia*, de telle sorte que la section transversale est plus ou moins rectangulaire.

Ces caractères purement descriptifs n'offrent rien de spécial aux Primulacées pour les distinguer des autres familles ou pour les distinguer entre elles.

Bien plus caractéristiques sont les cellules épidermiques des feuilles végétatives et florales.

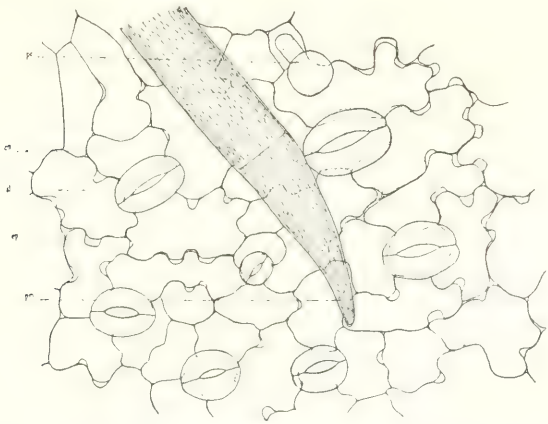


Fig. 34. — Épiderme inférieur de *Primula rotundifolia* Franchet, vu de face; *st*, stomates; *cs*, cellule sœur; *pc*, poil capité court; *pm*, fragment de poil acuminé; *ep*, épaississement des parois radiales (gr. = 400).

Sauf chez les Primulacées xérophiles, chez les *Auricula*, chez quelques *Lysimachia* et chez les *Lubinia*, les cellules épidermiques ont des cloisons radiales curvilignes et ondulées à la surface des feuilles et des sépales, entre les nervures saillantes (fig. 34).

Ces parois sont épaissies aux points de courbure, plus du côté convexe que du côté concave. Elles sont toujours ponctuées et lorsque l'épaississement se manifeste sur toute

leur étendue, elles paraissent moniliformes vues de face.

Les *Auricula* Tourn. ont des cellules épidermiques supérieures à contours rectilignes isodiamétriques (fig. 35). Il en est de même des *Lubinia* et de quelques *Lysimachia*. Les *Aretia*, les *Douglasia*, les *Dionysia* et beaucoup d'*Androsace* ont des cellules prismatiques allongées, semblables sur

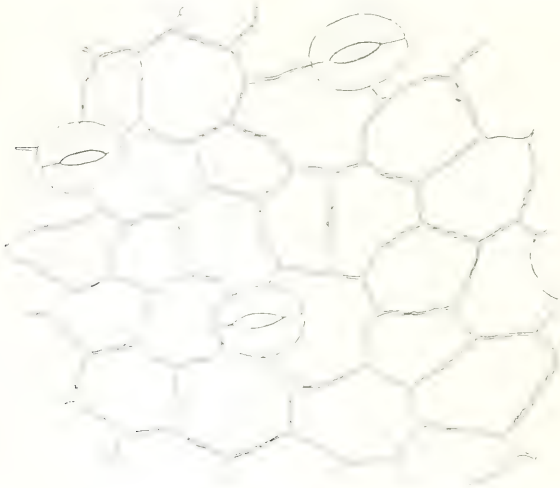


Fig. 35. — Epiderme supérieur de *Primula viscosa* (gr. = 450).

les deux faces. Pour les Auricules, cette déviation est concomitante de l'anomalie qui frappe la tige. Quant aux *Aretia*, aux *Androsace* (partim), etc., cette forme prismatique des cellules épidermiques est un résultat d'adaptation. En effet, on revient graduellement au type normal quand on étudie des espèces de moins en moins xérophiles, espèces qui ont des feuilles de plus en plus larges (*Androsace septentrionalis* L., *A. rotundifolia* Fr.).

L'épiderme de la corolle diffère suivant que l'on considère les Primuloïdées ou les Lysimachoïdées. Chez les premières, les cellules de la gorge et du limbe sont isodiamétriques, vues de face, à contours rectilignes prolongées chacune en une papille, à la face interne. Chez les secondes, les cellules épidermiques sont très allongées, à faces ra-

diales parallèles et régulièrement ondulées. Ici, les poils sont très fréquents; là, ils sont extrêmement rares. Dans les deux groupes, il n'y a jamais de stomates. L'épiderme staminal est prismatique à la surface du filet ; les cellules sont isodiamétriques à contours rectilignes ou ondulés à la surface de l'anthère. A la face externe de l'ovaire, les cellules sont isodiamétriques à contours rectilignes, tandis qu'à la face interne, elles sont très étroites et très allongées. Il y a généralement des stomates et des poils à l'épiderme externe.

La cuticule est toujours mince et fort inégalement striée

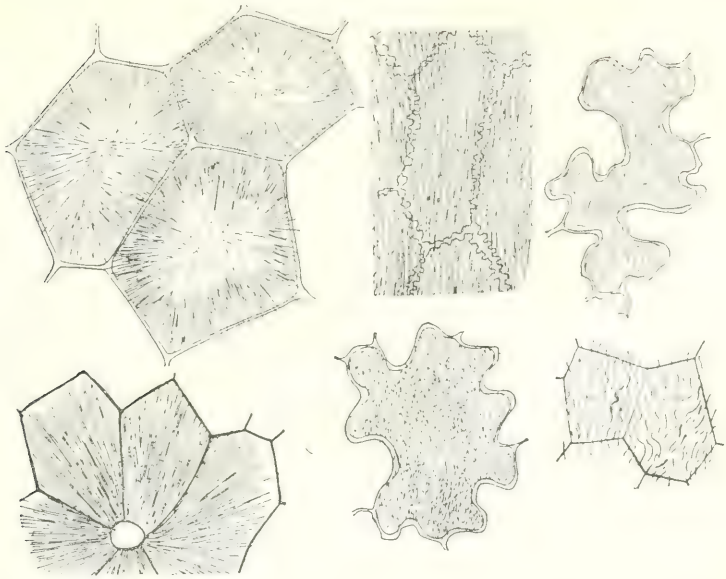


Fig. 36. — Principales formes de stries cuticulaires de l'épiderme des Primulacées : 1° *Bryocarpum himalaicum :* feuille face supérieure; 2° *Primula farinosa :* pédoncule floral, sommet ; 3° *Coris monspeliensis :* pétale face interne ; 4° *Cyclamen europæum :* feuille face supérieure, stries rayonnant autour d'un poil; 5° *Trientalis europæa :* anthère; 6° *Asterolinum stellatum :* fruit.

suivant les genres (fig. 36). C'est toujours dans le fruit d'une espèce donnée que les stries sont le plus accusées et si on considère l'ensemble de la famille, dans les genres xérophiles. Les stries cuticulaires de la corolle sont les plus fines.

A la surface des tiges, les stries sont rectilignes parallèles et passent d'une cellule à l'autre ; à la surface des feuilles, lorsque les cellules épidermiques sont ondulées, les stries ondulent également. Dans les cellules à contours rectilignes, elles sont droites, de direction différente dans des cellules voisines ou passant quelquefois d'une cellule à l'autre.

Dans quelques cas, elles sont très courtes et très serrées, dirigées de tous côtés et plus ou moins parallèles par groupes (*Lysimachia*) ou très lâches et peu nombreuses (*Cyclamen neapolitanum* Tenore).

Sur les poils à membrane mince, la cuticule est lisse ; sur les poils mécaniques, elle est finement ponctuée.

Sauf autour de l'ostiole, la membrane des stomates est lisse et faiblement cutinisée.

Poils. — Toutes les espèces de la famille possèdent des poils épidermiques sur les tiges, les feuilles et les fleurs (fig. 37). Ils appartiennent à deux types : 1° *n-cellulaires* unisériés ou ramifiés, capités, ou acuminés ; 2° *tri-cellulaires courts capités* à cellule terminale pouvant se diviser par des cloisons radiales. Les *Primuloïdées* possèdent les deux types, les *Lysimachioïdées* n'ont qu'une sorte de poils en général, les tri-cellulaires courts à cellule terminale généralement divisée. Cependant *Coris* (Lysimachioïdée) présente sur le calice des poils ramifiés, acuminés, tandis que *Cyclamen* et *Dodecatheon* (Primuloïdée) ne présentent que des formes courtes.

Pour le *Coris*, on peut penser que ces poils ramifiés sont une conséquence de l'adaptation xérophile. En effet, parmi les Primulacées nous n'avons trouvé de poils semblables que chez les Primulées xérophiles telles que les *Dionysia*, *Douglasia*.

Cyclamen et *Dodecatheon* se comportent comme certaines Primevères qui n'ont qu'une forme de poils (*P. auricula* et espèces affines).

Stomates aérifères. — Vus de face, les stomates ont une forme généralement elliptique, rarement circulaire, les deux axes mesurent en moyenne 40 μ et 30 μ.

Les genres *Bryocarpum* et *Dodecatheon* se font remarquer par leurs stomates plus volumineux. En nombre très restreint à la surface de la tige, de l'hypocotyle, du pétiole, de la paroi ovarienne, ils sont abondants sur les deux faces de la

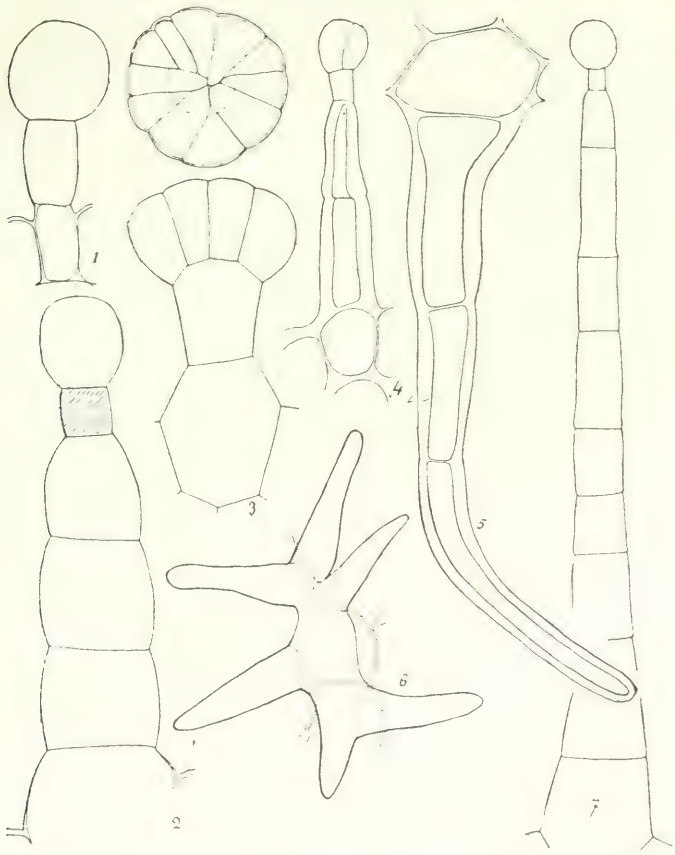


Fig. 37. — Principales formes de poils des Primulacées : 1° *Asterolinum stellatum;* 2° *Primula denticulata;* 3° *Lysimachia verticillata;* 4° *Coris monspeliensis;* 5° *Androsace villosa;* 6° *Douglasia vitaliana;* 7° *Primula sikkimensis.*

feuille, surtout sur la face externe. La face interne en est dépourvue dans quelques très rares exemples. Il est extrêmement rare d'en trouver à la surface de la corolle (Hottonia) et de l'étamine.

Les cellules stomatiques sont normalement au même

niveau que les cellules épidermiques adjacentes. Quelques types nettement hygrophiles ont leurs stomates au sommet de petites proéminences (*Primula sinensis*, *Cortusa Matthioli*). Certaines espèces xérophiles ont leurs stomates localisés, soit à la face interne appliquée contre la tige (*Aretia pubescens*), soit dans deux sillons formés par les bords révolutés de la feuille (*Dionysia revoluta*). La transpiration est en outre modérée par un grand nombre de poils. Sur les quatre ou cinq cellules qui entourent le stomate, il y en a toujours deux qui procèdent de la même cellule-mère que le stomate lui-même. Comme nous le verrons, elles sont d'âge différent; par les progrès de la croissance elles deviennent semblables aux cellules normales, sauf quelquefois la plus jeune, qui reste plus petite.

La membrane des cellules stomatiques est faiblement cutinisée et sans stries cuticulaires. Les lèvres externes font légèrement saillie.

Le stomate et les deux cellules annexes tirent leur origine d'une seule cellule épidermique *cm*. La cellule mère se divise par une première cloison donnant une grande cellule *ca* (la première annexe la plus âgée), et une cellule plus petite qui prend une cloison dans un plan perpendiculaire à la première. Des deux cellules ainsi formées, l'une deviendra le stomate *cst* par un cloisonnement parallèle au précédent, l'autre deviendra la deuxième cellule annexe la plus jeune, *cs* (fig. 38).

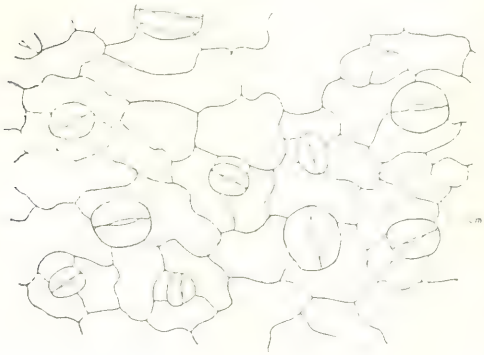


Fig. 38. — Formation des stomates dans la feuille de *Cyclamen Coum* Mill : *cm*, cellule mère ; *ca*, cellule annexe ; *cs*, cellule sœur ; *cst* cellule stomatique, (gr. = 450).

Le grand axe de l'ellipse stomatique est souvent dirigé

MASSON et Cie, Éditeurs, 120, Boulevard Saint-Germain, Paris.

La Géographie

BULLETIN

DE LA

Société de Géographie

PUBLIÉ TOUS LES MOIS PAR

le Baron HULOT
Secrétaire général de la Société

et M. Charles RABOT
Secrétaire de la Rédaction

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 NOVEMBRE 1900

A. Hautreux. — La côte des Landes de Gascogne. I. Les vents (*avec deux figures dans le texte*).
E. Jobit. — Le cours inférieur de la Likouala aux Herbes (*avec une figure dans le texte et une carte hors texte*).
M. Chesneau. — L'expédition du Pendule.
E. Levasseur, membre de l'Institut. — La houille britannique et la question de l'épuisement.
R. Chudeau. — L'Elbe, son régime et son importance économique.
J. Deniker. — La géographie de l'Asie à l'Exposition.
J. Deniker. — Voyage d'Obroutchev en Asie centrale.
Mouvement Géographique. — La Société d'Océanographie du golfe de Gascogne. Explorations géographiques et géologiques de M. Cvijic. Tracé exact du chemin de fer Est-Chinois. La province russe de Kouantoung. Projet de chemin de fer indo-européen. Note sur la crue du Sénégal (*avec une figure dans le texte*). L'Ouganda. Expédition de M. Dècle. Les mines d'émeraude de l'Ethaï septentrional.
Bibliographie.
Chronique de la Société.
Cours de Géographie professés dans les Universités et les Instituts catholiques de France et des pays de langue française.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 DÉCEMBRE 1900

Séance solennelle de la Société de Géographie du 5 décembre 1900. Réception de la mission saharienne.
Discours de M. Grandidier, de l'Institut, Président de la Société de Géographie.
Communication de M. Foureau. — De l'Algérie au Congo français par l'Aïr et le Tchad (*avec sept figures dans le texte et une carte hors texte*).
Discours de M. Leygues, ministre de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts.
A. Hautreux. — La côte des Landes de Gascogne (*suite*), (*avec onze figures dans le texte*).
Les travaux du « Coast and Goedesic Survey » des États-Unis dans l'Alaska, de 1867 à 1900.
Ned Noll. — Note sur la cartographie du Dahomey (*avec une carte dans le texte*).
Gabriel Marcel. — Les navigations des Français dans les mers du Sud au début du XVIIIe siècle.
Mouvement Géographique. — L'île d'Oland. La végétation de la Russie. Récentes études sur la structure et sur la morphologie de l'Asie orientale (*avec une figure dans le texte*). Expédition Donaldson Smith entre le lac Rodolphe et le Nil. Le désert du Colorado. Anthropogéographie de la Nouvelle Guinée. Exploration géologique de Beëren Eiland. Expédition antarctique suédoise.
Actes de la Société de Géographie. — Souscription pour fonder au 1er Tirailleurs algériens un *Prix du commandant Lamy*.
Chronique des Sociétés francaises de Géographie.

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

Paris : 24 francs. — Départements : 26 francs. — Étranger: 28 francs. — Prix du numéro : 2 fr. 50

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. Ph. Van Tieghem

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XII sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. Edmond Perrier.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à X sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. Hébert, et pour la partie paléontologique, par M. A. Milne-Edwards.

Tomes I à XXII (1879 à 1891). Chaque volume ..... 15 fr.

Cette publication est désormais confondue avec celle des *Annales des Sciences naturelles*.

Prix des collections.

Première série (Zoologie et Botanique réunies),	30 vol.	(*Rare*).
Deuxième série (1834-1843).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Troisième série (1844-1853).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Quatrième série (1854-1863).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Cinquième série (1864-1874).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Sixième série (1875 à 1884).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Septième série (1885 à 1894).	Chaque partie 20 vol.	300 fr.
Géologie, 22 volumes.		330 fr.

parallèlement à la nervure médiane de la feuille, que celle-ci ait une forme allongée ou qu'elle soit aussi large que longue.

Le genre *Cyclamen* a cela d'intéressant que les stomates s'y forment d'une manière continue, même sur les feuilles les plus âgées (fig. 38).

Le nombre des stomates par millimètre carré de la feuille est trop variable pour qu'on puisse donner une moyenne par millimètre carré. Nous avons donné quelques chiffres dans la partie descriptive.

Stomates aquifères. — Les nervures médianes des feuilles de toutes les Primulacées se terminent en hydatode. Il en est de même des nervures de deuxième et troisième ordre chez les Primuloïdées à feuilles lobées ou dentées. Le stomate aquifère correspondant occupe le sommet de la dent, il est circulaire de face, beaucoup plus large, par conséquent, que les stomates aérifères. Il est entouré par un nombre variable de cellules à contours rectilignes isodiamétriques de face.

Liège. — On peut presque dire que le liège fait défaut chez les Primulacées, car la production en est extrêmement restreinte. Il ne s'en produit jamais dans les racines, même dans celles où l'exfoliation de toute l'écorce est constante. L'endoderme, seul persistant, suffit à la protection du cylindre central. Contrairement à ce qui se passe chez beaucoup de plantes, les cellules endodermiques conservent leur vitalité tant que vit la racine ; à la surface de la membrane primitive subérifiée, le protoplasme dépose une couche de cellulose souvent épaisse et produit une série de cloisons radiales, phénomène très fréquent chez les Gamopétales. M. Perrot le signalait encore dernièrement dans son mémoire sur la famille des Gentianacées (1).

Le liège, quand il existe, peut ne comprendre qu'une seule assise de cellules, il en offre rarement plus de trois. C'est là un fait intéressant à rattacher aux observations de M. Dou-

(1) Perrot, *Anatomie comparée des Gentianacées* (Ann. des sc. nat., 8e série, t. VII, 1898).

liot dans ses recherches sur le périderme (1). La région de la tige où se forme le liège est invariablement l'épiderme ou la zone tout à fait périphérique de l'écorce.

Cette faible aptitude à la formation d'un liège est encore mieux mise en lumière, lorsque sous l'action d'un traumatisme accidentel ou expérimental, on blesse la plante. Il se forme bien un tissu de cicatrisation, mais non un liège proprement dit. Dans la plupart des cas, c'est le parenchyme entourant la blessure qui subérifie ses membranes et joue le rôle protecteur.

CHAPITRE II

SYSTÈME FONDAMENTAL

Parenchymes. — Le parenchyme fondamental des racines, tiges et pétioles est formé de cellules prismatiques, radialement sériées dans les parties jeunes de ces organes. Ces cellules, avec les progrès de la croissance, deviennent plus ou moins cylindriques, dérangent leur disposition première et épaississent un peu leurs parois, surtout sous l'épiderme où elles deviennent légèrement collenchymatoïdes. Dans la racine, la sériation radiale de l'écorce interne persiste sur presque toute l'épaisseur et pendant toute la durée de l'organe.

La membrane subit quelques modifications. Dans les parties âgées de la tige, elle s'épaissit légèrement en devenant plus ou moins collenchymatoïde. Dans la tige des *Auricula* l'épaississement est très marqué et se répartit sur toute la surface de la cellule. Enfin à l'insertion des feuilles sur la tige, à l'insertion d'une tige n quelconque (fig. 39) sur la tige $(n-1)$, dans les membranes de l'albumen, l'épaississement est considérable. Dans les *Cortusa*, les *Lysimachia*, beaucoup de *Primula*, dans les *Soldanella*, le parenchyme

(1) H. Douliot, *Recherches sur le Périderme* (Ann. des sc. nat., 7e série. t. X, 1889).

fondamental, cortical ou médullaire, est parsemé de sclérites ou d'îlots scléreux qui peuvent prendre un très grand dévelopement, au point d'envahir presque tout le tissu fondamental (fig. 40).

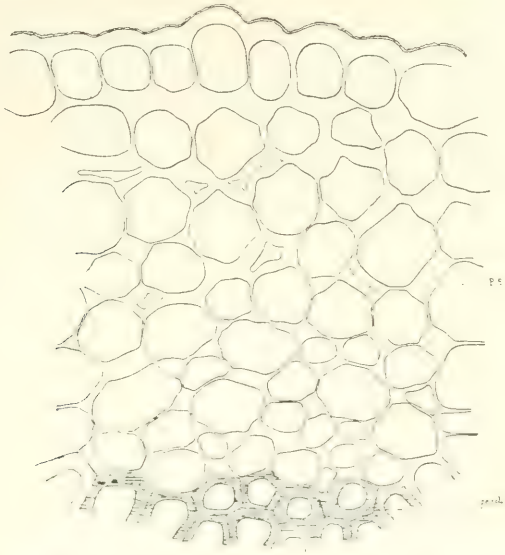


Fig. 39. — Parenchyme collenchymatoïde de la hampe florale de *Primula farinosa* à son insertion sur la tige feuillée (gr. = 450).

Le parenchyme cortical des tiges à péricycle scléreux se lignifie au contact de cette région, lorsquelles ont atteint leur maximum de développement. Il en est de même du parenchyme périmédullaire au contact des fibres primitives internes, qui ne se lignifient jamais, et au contact du sclérenchyme vasculaire ou péricyclique compris entre les pointements ligneux.

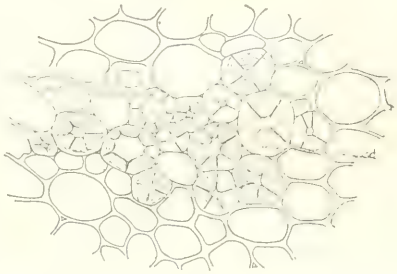


Fig. 40. — Sclérenchyme médullaire de la tige de *Soldanella alpina*, en coupe transversale, (gr. = 450).

Le parenchyme du pétiole ou, quand il n'y a pas de pétiole, de la région basilaire des feuilles, celui de toutes les

nervures saillantes, présente les mêmes caractères que celui de la tige, mais avec des cellules beaucoup plus grandes.

Le parenchyme assimilateur du limbe présente un type que je puis appeler familial et sur lequel je me suis étendu suffisamment en décrivant l'anatomie de la feuille. Dans

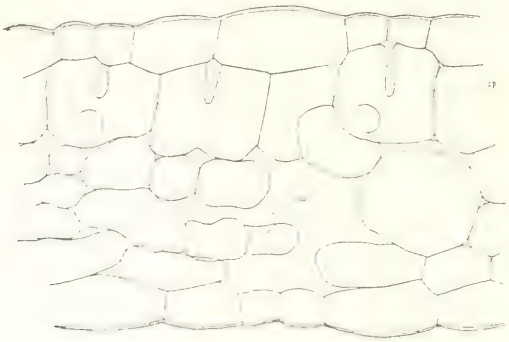


Fig. 41. — Coupe transversale du limbe d'une jeune feuille de *Lysimachia punctata* : *cp*, cellules palissadiques en fer à cheval; *lac*, lacunes (gr. = 400).

quelques cas, nous avons observé des cellules palissadiques en fer à cheval (fig. 41) (*Lysimachia punctata*).

Tous les parenchymes périphériques exposés aux radiations lumineuses renferment des chloroplastes dans le protoplasme pariétal de leurs cellules. Des racines ayant poussé à la lumière nous ont montré, en petite quantité, des corpuscules chlorophylliens. Ce fait ne nous permettrait-il pas de penser que les chloroplastes sont le produit de la différenciation immédiate du protoplasme, puisqu'il n'y a normalement pas de chloroleucites dans la racine ?

L'amidon est abondant surtout dans les rhizomes et les racines ; il est généralement sous forme de grains arrondis composés, formés par la réunion de plusieurs grains simples fortement accolés et comprimés les uns contre les autres.

Tous les parenchymes sont parsemés de cellules tannifères de même forme que les cellules normales, mais souvent plus longues. Bon nombre de Lysimaques, outre les cellules tannifères, renferment dans leurs parenchymes des poches

sécrétrices en forme de fuseau, tapissées d'une assise de cellules aplaties, poches à contenu solide, de structure radiée, qui se colore également par les réactifs colorants du tannin. Une étude chimique en serait à faire.

La feuille des *Coris*, à son sommet, et la partie supérieure du calice renferment également de semblables poches sécrétrices.

Il n'y a pas de collenchyme proprement dit (collenchyme à éléments longs) dans toutes les Primulacées que nous avons étudiées.

CHAPITRE III

SYSTÈME CONDUCTEUR

Liber. — Le tissu criblé se différencie suivant un mode commun à toutes les espèces de la famille, mode d'autant plus intéressant à signaler qu'il s'écarte un peu du type général et n'a pas été décrit dans le travail de M. Perrot sur le tissu criblé.

La structure du tissu criblé varie dans une même plante avec l'organe considéré, racine, tige ou feuille, et même avec l'âge relatif de la région étudiée.

Les éléments constitutifs sont des tubes criblés, des cellules compagnes et du parenchyme libérien. Examinons comment se fait la différenciation du tissu criblé dans un méristème. Normalement, il n'y a jamais formation de tubes criblés tout à la périphérie du faisceau procambial, au contact du parenchyme fondamental externe. Des cellules en nombre variable séparent ces deux tissus et vont constituer le péricycle de la racine, de la tige et les fibres péridesmiques externes des faisceaux de la feuille. Ces éléments externes aux cellules criblées, dérivés du méristème vasculaire ne sont donc pas comparables dans la tige aux éléments de la moelle, ce n'est pas du parenchyme conjonctif.

Des cellules procambiales peuvent se transformer direc-

tement en tubes criblés; le fait se passe quelquefois dans la racine.

Normalement, les tubes criblés résultent du cloisonnement plusieurs fois répété d'une cellule primitive. Il s'établit d'abord une cloison tangentielle; une des deux cellules-filles, l'externe, se divise par une cloison radiale. C'est l'une des dernières cellules qui devient un tube criblé, en passant par les différents stades qu'ont décrits M. Chauveaud (1) et M. Léger (2). Il peut aussi se faire une cloison radiale dans la cellule-fille interne et se produire un autre tube criblé.

Toutes les cellules méristématiques du liber ne se transforment pas en tubes criblés. Un certain nombre restent à l'état de fibres primitives (de cellules cambiformes), ayant l'aspect de cellules parenchymateuses. Il en résulte un type caractéristique que l'on retrouve toujours, avec des variantes, dans le nombre des cellules parenchymateuses. Les éléments criblés sont disposés en îlots, séparés par des cellules de parenchyme libérien, plus ou moins abondantes dans les différents organes de la plante. C'est dans la tige et surtout dans le pétiole qu'elles sont le plus nombreuses. La racine en renferme peu dans l'intérieur des îlots et elles diminuent dans la feuille à mesure que l'on approche de la terminaison des faisceaux. Le liber des hampes florales et des pédoncules floraux est presque complètement formé de cellules résultant de la différenciation criblée.

Enfin, dans les faisceaux foliaires, les fibres péridesmiques externes ou internes diminuent dans la même proportion que les cellules parenchymatoïdes intralibériennes.

Avec l'âge, toutes les cellules du liber peuvent prendre un aspect collenchymateux, qui est même très accusé dans les plantes du type *Aretia*, *Dyonisia*, *Douglasia*, *Coris*, qui

(1) G. Chauveaud, *Sur l'évolution des tubes criblés primaires* (Compt. Acad. des Sc., octobre 1897).

(2) Léger, *Recherches sur l'origine et les transformations des éléments libériens* (Mém. Soc. Linn. de Normandie, t. XIX).

ont un port spécial aux plantes xérophiles. Toute l'écorce de la racine ou de la tige s'y exfolie. Le péricycle devient plurisérié. L'assise génératrice fournit beaucoup d'éléments qui conservent leur disposition radiale, se transformant de-ci de-là en tubes criblés suivant le mode normal, en épaississant considérablement leurs parois (fig. 42).

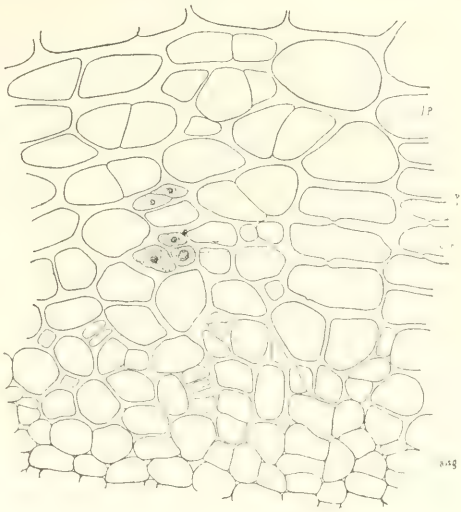


Fig. 42. — Coupe transversale du liber secondaire d'*Androsace lanuginosa*, pris dans une racine adventive âgée : *fp*, fibres péricycliques en voie de cloisonnement; *pl*, parenchyme libérien; *c. cr*, tubes criblés; *ass. g* assise génératrice (gr. = 450).

Dans un petit nombre de cas, il se produit une lignification des éléments criblés externes (tiges âgées de *Lysimachia*, hampe florale de *Pr. Yesoensis* Miquel). Cette lignification des tubes criblés n'a pas encore été signalée.

Bois. — Le bois des Primulacées se compose uniquement de vaisseaux et de parenchyme cellulosique ou lignifié.

La répartition de ces éléments est différente dans la racine, la tige et la feuille.

Le bois primaire de la racine principale se compose uniquement de vaisseaux. Ils forment une bande bipolaire diamétrale qui s'élève à une hauteur variable dans l'axe hypocotylé. Les faisceaux ligneux primaires des racines adventives sont peu volumineux et n'atteignent jamais le centre : de même que dans la racine principale, l'élément parenchymateux n'y entre pas. Il peut se différencier tardivement des vaisseaux aux dépens des cellules de la moelle.

Le bois secondaire renferme toujours du parenchyme cellulosique dans les racines principales des Primuloïdées (fig. 43) et dans les racines adventives des Primuloïdées

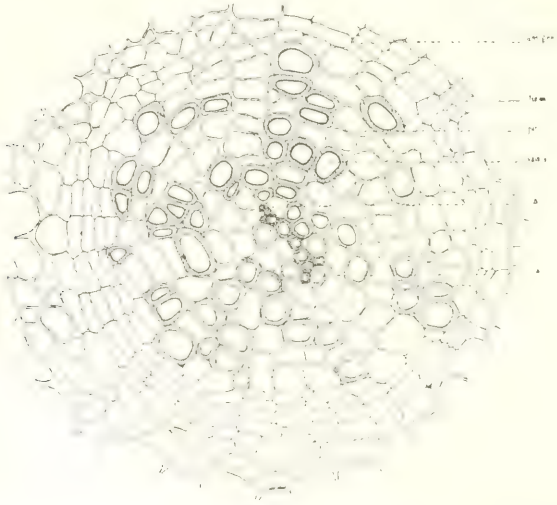


Fig. 43. — Bois primaire et bois secondaire de la racine de *Primula obconica*. *ass. g*, assise génératrice ; *tis. cr*, tissu criblé ; *par*, parenchyme vasculaire ; *vais. 2*, vaisseaux secondaires ; ΔΔ, bois primaire gr. = 450).

xérophiles du type *Aretia*. Le sclérenchyme est abondant dans les racines âgées du *Coris monspeliensis* seulement.

Dans les Primuloïdées hygrophiles (*Primula*, *Cortusa*, etc.), il ne se forme que très peu de bois secondaire dans les rayons et à la face interne du liber, tandis que dans les Lysimachioïdées hygrophiles vivaces et dans les espèces annuelles plus ou moins xérophiles comme *Asterolinum stellatum*, le bois forme un cylindre plein, composé de vaisseaux à parois épaissies plus fortement que dans les autres types physiologiques.

On établit généralement dans le bois de la tige une distinction en bois primaire et bois secondaire. On admet que le bois primaire résulte de la différenciation directe d'une partie du méristème vasculaire primitif et que le bois secondaire tire son origine du fonctionnement d'une assise géné-

ratrice. De nombreuses observations faites sur la tige des Primulacées et de beaucoup d'autres Phanérogames nous permettent d'avancer que le bois primaire des auteurs ne se différencie pas directement aux dépens du procambium. Avant toute différenciation ligneuse, les cellules les plus internes du méristème vasculaire subissent une série de divisions tangentielles : il y a formation d'une assise génératrice

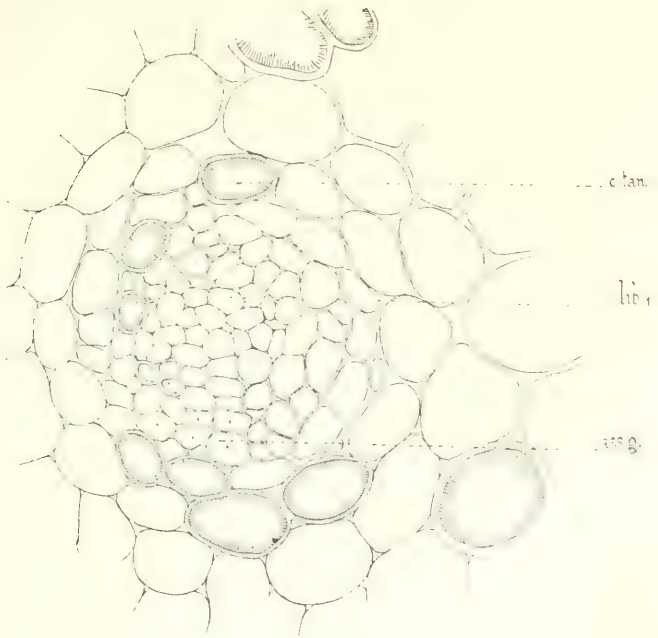


Fig. 44. — Jeune faisceau libéro-ligneux de la hampe florale de *Primula viscosa* montrant les premiers cloisonnements de l'assise génératrice, qui donneront le bois primitif : *c. tan*, cellules tannifères ; lib_1, liber primaire ; *ass. g*, assise génératrice (gr. = 670.)

(fig. 44), dont les éléments se différencient progressivement en vaisseaux, en cellules parenchymateuses, dans la partie la plus interne du faisceau.

Plus vers l'extérieur, toutes ces cellules se transforment en vaisseaux ou en vaisseaux et sclérenchyme. Il est donc plus rationnel de dire *bois primitif* au lieu de bois primaire (fig. 45). On peut conserver l'expression de bois secondaire.

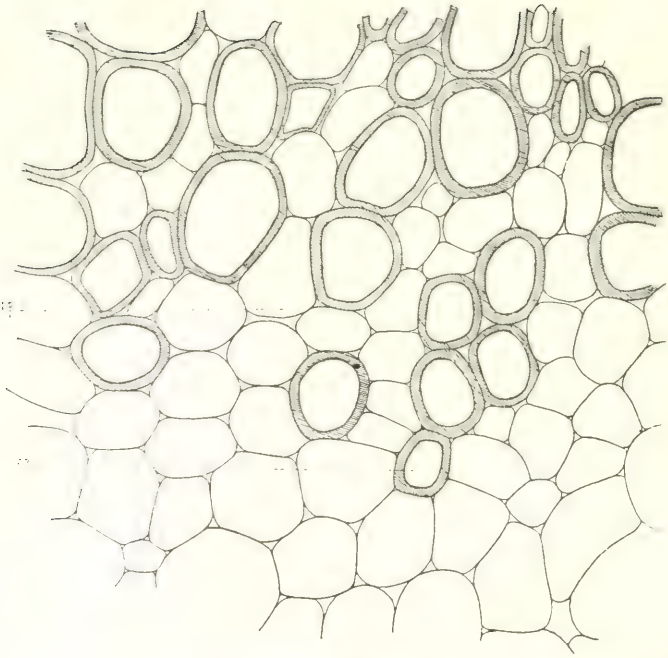


Fig. 45. — Coupe transversale du bois primitif de la tige de *Lysimachia Ephemerum* : *fp*, fibres primitives vasculaires; *vp*, vaisseaux primitifs.

Cette distinction lorsqu'elle existe n'a plus qu'une importance purement histologique.

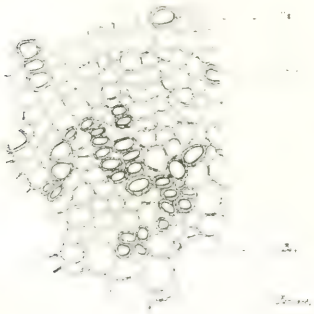


Fig. 46. — *Douglasia Vitaliana*. Composition histologique du bois de la tige feuillée : v_2, vaisseaux secondaires; *par*, parenchyme vasculaire ; bo_1, bois primitif; *par. méd*, parenchyme médullaire.

Dans les tiges feuillées, le bois primitif est formé en grande partie de cellules parenchymateuses cambiformes à contenu protoplasmique et de files radiales de vaisseaux spiralés, puis annelés. Le bois secondaire est surtout formé de sclérenchyme entremêlé de vaisseaux, disposés en files radiales, sauf toutefois dans les Primuloïdées xérophiles. Chez ces dernières, l'élément parenchymateux cellulosique est très abondant dans tout le bois (*Douglasia Vitaliana*) (fig. 46).

Dans les tiges florales et dans toutes les pièces de la fleur, comme aussi dans la feuille, il y a quelques cellules parenchymateuses cambiformes à la pointe du faisceau ; tout le reste est uniquement composé de vaisseaux spiralés et annelés.

Pendant la maturation du fruit, l'assise génératrice des

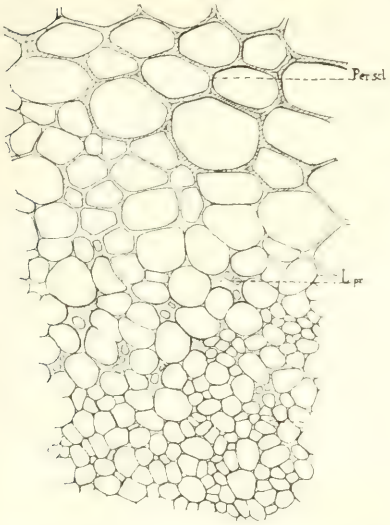


Fig. 47. — Liber primaire âgé et altéré de la hampe florale de *Primula officinalis* : *Per. scl*, péricycle sclérifié ; *Lpr*, liber primitif.

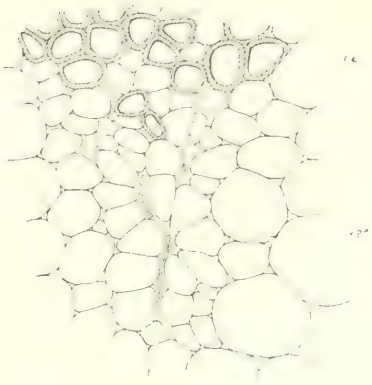


Fig. 48. — Bois primaire âgé et altéré de la hampe florale de *Primula Auricula* : *vpe*, vaisseaux primitifs écrasés.

hampes florales fournit un peu de sclérenchyme à la face externe des vaisseaux.

Dans les parties les plus âgées, le liber primaire et le bois primitif perdent leur activité et leur aspect initial. Les cellules criblées s'écrasent et leurs parois deviennent collenchymatoïdes (fig. 47). Les vaisseaux primitifs sont tout à fait écrasés par les cellules de parenchyme vasculaire primitif qui ont conservé leur activité (fig. 48).

QUATRIÈME PARTIE

ANATOMIE DESCRIPTIVE

1. PRIMULA L.

De toutes les Primulacées, c'est le genre *Primula* qui a été le plus étudié au point de vue anatomique. M. Kamienski n'a étudié qu'un petit nombre d'espèces dans leur appareil végétatif; M. Van Tieghem a étudié la tige de presque toutes les Primevères. Il restait donc encore un vaste champ d'études que nous avons en grande partie exploré. Nous avons pu ainsi relever bien des faits nouveaux, rectifier des observations, proposer des interprétations nouvelles et il reste encore à faire.

L'ordre suivi est la classification de M. Pax (1). Le genre *Primula* a été divisé en vingt sections.

Section I. — **Sinenses** Pax.

P. Sinensis Lindl.

Racine. — *Racine principale.* — Type binaire. Écorce normale avec assise pilifère à poils courts, assise subéreuse à parois subérifiées sur tout leur pourtour, parenchyme homogène amylifère, endoderme à cellules très tôt épaissies à la face interne de la membrane primitive tout à fait subérifiée, et très tôt recloisonnées dans le sens radial. — Péricycle simple; lame ligneuse bipolaire diamétrale et deux petits groupes d'éléments libériens primaires; à leur face interne s'établit un cambium libéro-ligneux secondaire aux dépens de l'assise unique de fibres primitives qui sépare le bois du liber.

Hypocotyle. — Sur toute sa longueur l'axe hypocotylé présente un cylindre central constitué comme celui de la racine principale, avec

(1) Voir F. Pax, *Monographische Uebersicht* (Engler's Jahrb. Bd X, p. 75-241).

productions libéro-ligneuses secondaires un peu plus développées. Parenchyme cortical formé de cellules plus ou moins cylindriques lâchement unies, comprenant entre elles des lacunes d'autant plus nombreuses et larges que s'accroît le diamètre du cylindre central.

Au sommet les vaisseaux ligneux centraux de la lame vasculaire primaire se mettent en rapport avec les vaisseaux des deux massifs secondaires, au moyen de vaisseaux courts, tandis que les vaisseaux primitifs sont écrasés ; puis les traces foliaires des cotylédons, insérés sur l'axe dans le plan du bois primaire, s'unissent également aux deux massifs secondaires qui se continuent plus haut dans la tige.

Tige. — La structure de la tige varie d'une manière notable avec l'âge de la plante, et même avec les spécimens étudiés dans certains cas. Les variations portent sur l'appareil conducteur et sont uniquement quantitatives. Épiderme à cellules prismatiques entremêlées de longs poils capités, pluricellulaires et tri-cellulaires courts.

Parenchyme cortical chlorophyllien composé de cellules prismatiques s'exfoliant progressivement jusqu'à l'endoderme.

Péricycle simple dans la tige jeune, s'épaississant graduellement par une série de divisions tangentielles, les parois devenant collenchymatoïdes. — Tissu criblé en couronne continue, très collenchymatoïde, à îlots d'éléments criblés disséminés au milieu d'un parenchyme libérien abondant ; assise génératrice très épaisse en général. — Bois tantôt en couronne continue d'épaisseur inégale, tantôt en faisceaux à section triangulaire plus ou moins confluents ou séparés par du parenchyme vasculaire. — Moelle collenchymateuse dans la zone périphérique, cellules bourrées d'amidon, de même que celles de l'écorce.

Feuille. — 1° *Cotylédon.* — Cellules épidermiques prismatiques à la surface du pétiole et au-dessus de la nervure médiane, à la face inférieure du limbe; parois courbes fortement ondulées sur le reste du limbe, stomates extrêmement abondants, sauf sur le pétiole où ils font défaut ; poils nombreux. — Mésophylle bifacial, une, quelquefois deux assises de tissu palissadique et deux, trois assises de cellules aplaties parallèlement à la surface, peu rameuses ; dans le pétiole, parenchyme prismatique. Nervure médiane à section elliptique jusque vers le milieu du limbe ; plusieurs rangées de fibres primitives externes; tissu criblé abondants en îlots ; bois formant une bande tangentielle étroite.

2° *Feuille. — Pétiole.* — Section transversale convexe sur la face externe, concave et creusée d'un sillon sur la face interne. Cellules épidermiques prismatiques et poils pluricellulaires capités longs, [illegible] nombreux.

Parenchyme très épais collenchymateux sous l'épiderme, prismatique vers l'arc libéro-ligneux autour duquel il ne différencie pas de gaine endodermique subérifiée. — Appareil conducteur en arc très ouvert ; à la face externe, plusieurs assises de fibres primitives collenchymatoïdes, s'insinuant entre les îlots du tissu criblé disposé en arc continu ; bois formé de faisceaux triangulaires distincts (fig. 49) ou d'un arc continu suivant l'âge du pétiole, les premières files radiales de vaisseaux se différenciant à une certaine distance les unes des autres, la différenciation des files suivantes se faisant progressivement entre les premières.

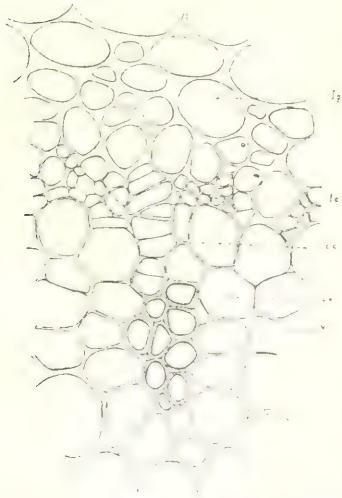


Fig. 49. — Portion de l'arc libéro-ligneux du pétiole de *Primula sinensis* : *fp*, fibres péridesmiques; *tc*, tubes criblés; *c*, cambium; *cv*, cellules parenchymateuses vasculaires; *v*, vaisseaux (coupe transversale).

Limbe. — (Face externe). Cellules épidermiques à parois radiales courbes et sinueuses sauf au-dessus des nervures saillantes. Stomates très nombreux au niveau des cellules épidermiques ou portées au sommet de petites éminences. Poils de deux formes, tri-cellulaires courts et *n*-cellulaires variables dans leurs dimensions et nombreux surtout le long des nervures saillantes. (Face interne), cellules à parois droites ou à peine courbes et sinueuses, pas de stomates et une forme de poils, *n*-cellulaires longs. — Mésophylle bifacial : une, deux assises de cellules palissadiques ; cinq à sept assises de cellules très rameuses aplaties parallèlement à la surface à lacunes sous-stomatiques particulièrement volumineuses sous les émergences stomatiques.

La culture influe beaucoup sur la structure de la feuille de *P. sinensis*, ce qui explique la divergence que présente notre description avec celle de M. Kamienski (1).

La nervure médiane et les nervures de second ordre se terminent dans les dents de la feuille par une hydathode. Nervure médiane : Arc externe de fibres primitives collenchymateuses, arc de tissu criblé en îlots et bois en éventail formé de files radiales de vaisseaux séparées par du parenchyme conducteur, amas de fibres primitives internes.

(1) Nous avons pu étudier une feuille d'individu spontané.

Hampe florale. — La hampe florale a une structure typique, nous retrouverons cette structure avec les mêmes caractères dans tous les genres de Primulacées qui sont pourvues de hampes florales.

Épiderme à cellules prismatiques, petit nombre de stomates et poils longs très abondants. — Parenchyme prismatique à arêtes arrondies dans la zone externe, chlorophyllien et amylifère ; endoderme à parois subérifiées. — Péricycle cellulosique avant l'anthèse, lignifié après ; faisceaux libéro-ligneux en nombre variable (12 à 15). Liber étalé tangentiellement, renfermant peu de parenchyme ; faisceaux ligneux à section triangulaire à fibres primitives internes nombreuses. — Parenchyme médullaire prismatique légèrement collenchymateux à la périphérie, où il se lignifie après l'anthèse.

Bractée florale. — Dans les individus spontanés, les bractées sont lancéolées, acuminées, comme en témoignent les types directement rapportés de Chine, que nous avons vus au Muséum de Paris.

La forme et les dimensions des bractées observées sur des plantes de culture varient considérablement, les plus internes seules se rapportent au type spontané. Nous donnons l'anatomie d'une bractée externe très développée. Épiderme à cellules allongées, ondulées. Stomates et poils extrêmement nombreux. — Mésophylle hétérogène présentant trois régions à considérer : 1° région marginale méatique formée de cellules à section arrondie ; 2° région formée de parenchyme rameux le long de la nervure médiane ; 3° région comprise entre les deux précédentes à parenchyme palissadique vers la face interne, parenchyme rameux sur la face opposée. — Nervure médiane à section ovalaire comprenant les mêmes éléments que les nervures de la feuille, les fibres primitives externes se lignifiant tardivement dans les bractées âgées.

Pédoncule floral. — La structure est la même que celle de la hampe avec un nombre moindre de faisceaux libéro-ligneux (6, 7 au sommet). L'endoderme est très riche en grains d'amidon groupés.

Calice. — Cellules épidermiques à contours rectilignes à la base et au sommet des sépales, limitées par des lignes brisées dans la région intermédiaire où sont localisés les stomates, très nombreux. Poils tri-cellulaires courts et poils *n*-cellulaires longs, capités, ceux-ci très abondants vers les bords des sépales, renfermant des chloroplastes englobant des grains d'amidon groupés.

Parenchyme rameux de la base au sommet sur une épaisseur de quatre, cinq assises. Après la fructification, les cellules épidermiques épaississent beaucoup leurs parois externes.

Nervures très nombreuses; les six, sept faisceaux du pédoncule

floral se ramifient au sommet de ce dernier, de manière à donner dans la partie inférieure discoïde du calice, quinze à vingt faisceaux se ramifiant encore plus haut.

Section ovalaire étroite, liber plus abondant que le bois, structure analogue aux nervures du même volume de la feuille.

Corolle. — Cellules épidermiques à contours rectilignes ou légèrement sinués, prolongées en papilles longues au-dessus de l'insertion des étamines, autour de la gorge de la corolle et en papilles très courtes sur toute la surface du limbe. Poils *n*-cellulaires localisés sur le limbe seulement (fig. 20).

Parenchyme prismatique à la base, devenant progressivement rameux jusqu'au sommet des pétales.

Des dix faisceaux libéro-ligneux, les cinq médians sont concentriques sous l'insertion des étamines et collatéraux au-dessus de ce point, le liber ayant toutefois une tendance à envelopper le bois ; les cinq faisceaux intercalaires sont collatéraux sur tout leur parcours.

Étamine. — Filet court conique, aplati tangentiellement. Épiderme à cellules prismatiques allongées, cuticule fortement striée ; ni poils ni stomates. Parenchyme légèrement amylifère, formé de cellules cylindriques; méats nombreux.

Faisceau central concentrique comprenant à la périphérie une assise de fascicules criblés, issus chacun d'une cellule de méristème, au centre, quelques vaisseaux spiralés et annelés et entre le bois et le liber plusieurs assises de méristème.

Anthère dorsifixe à déhiscence latérale; section transversale en forme de trapèze isocèle, sillon à la face interne et aux faces latérales, dépression à la face externe.

Épiderme à cellules rectilignes section elliptique, cuticule fortement striée. Parenchyme mécanique ne comprenant qu'une seule assise de cellules à éléments spiralés le long des faces latérales, augmentant graduellement d'épaisseur vers le connectif complètement lignifié, sauf quelques cellules en contact avec le faisceau concentrique qui en occupe la région externe.

Pollen en grains ellipsoïdes légèrement acuminés aux extrémités du grand axe suivant lequel ils mesurent environ 24 μ, tandis que suivant le petit axe, ils ne mesurent que 13 μ (1).

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Cellules épidermiques polygonales et isodiamétriques, vues de face, plus petites sur la face externe que sur la face interne; quelques stomates volumineux externes dans la région inférieure. Parenchyme homogène légèrement chloro-

(1) Nous indiquerons désormais ces dimensions en les faisant précéder des lettres A et *a*.

phyllien, formé d'éléments courts, disposés sur trois ou quatre assises.

Dans le fruit, le nombre des assises parenchymateuses n'augmente pas : dans la partie supérieure, les deux assises externes s'épaississent et se lignifient fortement. En regard des nervures et principalement au-dessus des cinq nervures médianes, la sclérification est moindre et les cellules, au lieu d'être isodiamétriques, sont très allongées dans le sens vertical, disposition qui favorise la déhiscence.

Le parenchyme est parcouru par quinze nervures, cinq médianes qui se prolongent tous dans le style, et dix latérales qui s'insèrent à la base des premières, une de chaque côté.

Style. — Section circulaire. Épiderme à cellules prismatiques comme dans les tiges. Parenchyme divisé en deux zones par les faisceaux libéro-ligneux, une zone externe composée de deux assises de cellules prismatiques à parois minces, une zone interne plus épaisse formée de cellules plus étroites, plus allongées, à contenu protoplasmique très abondant autour du canal stylaire trifide. A la base du style, les cellules épidermiques internes sont légèrement bombées vers le canal stylaire ; dans la région supérieure, elles se prolongent en papilles en forme de massue qui oblitèrent le canal stylaire ; cinq à huit faisceaux conducteurs collatéraux très réduits terminés en pinceau dans le stigmate.

Stigmate. — Forme conique à base tournée vers le haut, creusé d'une cavité en entonnoir trifide. Cellules épidermiques toutes prolongées en poils cylindriques deux à quatre fois plus longs que larges ; contenu tannique. — Parenchyme abondant homogène, à cellules très petites et parois très minces constituant le tissu conducteur du stigmate.

Placenta. — Le placenta est loin de remplir toute la cavité ovarienne ; il comprend un pédicelle ayant jusqu'à 2 millimètres de longueur et une partie conique surbaissée ne se prolongeant pas dans le canal stylaire. L'épiderme et le parenchyme externe sont légèrement chlorophylliens, le reste du parenchyme est amylifère.

Ovule. — Les ovules sont généralement nombreux et anatropes. Dans un petit nombre de cas, nous avons observé quelques ovules orthotropes ; c'étaient des anomalies.

Leur structure est commune à toutes les Primulacées que nous avons étudiées, sauf quelques variantes cytologiques. Presque tout le volume de l'ovule est occupé par les deux téguments, le nucelle est très réduit.

Le tégument externe comprend deux assises de cellules prismatiques qui renferment un protoplasme périphérique avec chloroplastes très petits qui se multiplieront pendant le développement de la graine.

Le tégument interne comprend trois assises de cellules gorgées de protoplasme à noyau volumineux ; l'assise interne en contact avec le nucelle est formée de cellules très allongées radialement.

Le nucelle a la forme d'un fuseau étroit qui occupe toute la longueur de l'ovule. Il est constitué par une assise périphérique et une file centrale de grosses cellules dont l'une d'elles placée en regard du micropyle deviendra le sac embryonnaire. Cette cellule se distingue de bonne heure par son volume plus considérable, volume qui s'accroît brusquement pendant que toutes les autres cellules du nucelle diffluent et servent à la nourriture de la première. Les noyaux de la cellule-mère du sac embryonnaire se divisent suivant le mode normal, commun à toutes les angiospermes.

Graine. — Nous avons suivi pas à pas les modifications que subissent les différentes parties de l'ovule pour donner la graine. Les cellules de l'assise superficielle du tégument externe se remplissent d'un protoplasme granuleux très dense, augmentent considérablement de volume en repoussant vers l'extérieur leurs parois externes de manière à constituer autant de papilles aussi larges qu'elles.

L'assise sous-jacente épaissit les parois latérales et internes de ses cellules qui présentent bientôt une lumière très réduite remplie par un cristal d'oxalate de calcium.

Une vie intense se manifeste également dans le tégument interne. Les cellules renferment un grand nombre de chloroplastes qui ne disparaissent qu'au moment où la graine est complètement formée. Les téguments jouent donc un rôle physiologique essentiel dans la formation de la graine.

A maturité le protoplasme disparaît complètement des téguments. Les cellules superficielles sont prolongées en papilles prismatiques une fois et demie plus hautes que la largeur des cellules. Les membranes sont minces, cutinisées, ornées de stries parallèles interrompues, perpendiculaires à la surface de la graine.

L'albumen est formé d'abord par un parenchyme formé de cellules polyédriques, à parois minces gorgées d'un protoplasme très dense dont l'activité se déploie en épaississant considérablement les membranes et en accumulant dans sa masse de nombreuses gouttelettes d'huile. L'albumen est donc cellulosique, oléifère et albuminifère.

L'embryon comprend : 1° Deux cotylédons, occupant environ le tiers de sa longueur totale ; 2° un axe hypocotyle cylindrique ; et 3° un sommet végétatif de racine, dans le prolongement exact de l'axe hypocotylé.

Tout l'embryon est recouvert d'un épiderme méristématique,

à parois légèrement épaissies à la surface du sommet végétatif de la racine principale.

Le système conducteur des cotylédons se réduit, à ce stade, à deux faisceaux procambiaux situés très près de la face interne. Ces deux faisceaux se prolongent dans l'hypocotyle en un cylindre de méristème vasculaire tout à fait homogène.

Le sommet végétatif a la structure normale classique.

Section II. — **Fallaces** Pax.

P. Yesoana Miquel.

L'anatomie générale de toute la plante est semblable à celle de *P. sinensis* ; elle en diffère, au point de vue histologique, par la sclérification presque totale du parenchyme fondamental de la tige et même du pétiole, lorsque la différenciation de ces organes est achevée.

Dans la hampe florale le péricycle épais et lignifié nous a montré, en dehors des faisceaux conducteurs et à sa face interne, des fascicules de tissu criblé résultant de la division tardive de quelques cellules péricycliques. Certaines cellules du parenchyme libérien des tubes criblés même se lignifient dans les hampes âgées.

Les caractères morphologiques des sections I et II sont semblables. Il serait rationnel de les réunir. La section III, comme le montre l'étude du *P. Forbesi* Fr. pourrait se joindre à ce groupe.

Section III. — **Monocarpicæ** Franchet.

P. Forbesi Franchet.

Racine latérale. — Structure primaire normale, à cylindre central tétrapolaire. Écorce mince parenchymateuse, à endoderme cloisonné radialement un grand nombre de fois. Faisceaux ligneux et libériens primaires ne comprenant qu'un très petit nombre d'éléments; productions libéro-ligneuses secondaires très abondantes. Le liber forme une couronne continue épaisse; le bois secondaire dépasse bientôt les pointements ligneux primaires et forme une masse cylindrique centrale de vaisseaux et de parenchyme.

Les ramifications des racines latérales ont un système conducteur primaire tripolaire et possèdent également des productions secondaires abondantes.

Tige. — La tige appartient au même type que celle de *P. sinensis*,

type caractérisé par une couronne libéro-ligneuse augmentant d'épaisseur du sommet à la base, interrompue et découpée en lames triangulaires aux insertions des feuilles.

Dans le péricycle du rhizome, toujours très court, le péricycle renferme des cordons libéro-ligneux concentriques : ce sont le bases des racines latérales qui s'insèrent presque verticalement en ces points.

Feuille. — *Pétiole.* — Section plan convexe, presque rectangulaire. Épiderme à cellules prismatiques volumineuses, paroi externe bombée et épaissie. Poils *n.*-cellulaires, très longs. Parenchyme prismatique, légèrement chlorophyllien et amylifère sous l'épiderme ; cellules internes à protoplasme périphérique très réduit. — Système conducteur semblable à celui du *P. sinensis.*

Limbe. — Cellules épidermiques isodiamétriques ou allongées plus volumineuses sur la face interne que sur la face externe, à parois radiales ondulées et minces. Stomates entourés par quatre cellules et poils de deux formes : tri-cellulaires courts et *n.*-cellulaires très longs, de 1 à 2 millimètres, beaucoup plus nombreux sur la face externe que sur la face interne.

Mésophylle sans différenciation palissadique, environ trois,quatre assises de cellules très rameuses. — Nervation semblable à celle du *P. sinensis.*

Hampe florale. — Structure semblable à celle du *P. sinensis.* Cellules épidermiques à parois externes plus épaisses ; stomates nombreux. Parenchyme cortical mince très méatique dans la zone externe. Cellules péricycliques lignifiées, à parois peu épaissies. Environ vingt faisceaux libéro-ligneux très inégaux, allongés radialement.

Pédoncule floral. — Structure semblable à celle de *P. sinensis.* Péricycle souvent réduit à une assise de cellules lignifiées. — Six, sept faisceaux libéro-ligneux et entre eux quelques faisceaux libériens très réduits à la face interne desquels se différencient des vaisseaux aux dépens de cellules cloisonnées tangentiellement, bois secondaire par conséquent.

Calice. — Cellules épidermiques ondulées allongées. Stomates très abondants, surtout à la face externe. Poils tri-cellulaires capités. — Parenchyme lacuneux hétérogène, cellules à section très irrégulière, rameuses ou cylindriques, parfois en séries palissadiques, à chloroplastes volumineux. — Système conducteur comprenant cinq nervures médianes terminées en hydathode au sommet, ramifiées dans la partie dialysépale et cinq nervures intercalaires se divisant chacune en deux nervures marginales un peu au-dessous de la

séparation des sépales. La section des nervures est ovalaire et leur composition est la même que celle des nervures foliaires de même volume ; tout à la base quelques cellules péridesmiques sont sclérifiées. Au point de réunion des sépales, le parenchyme est légèrement lignifié (fig. 50).

Fig. 50. — Nervation du calice de *Primula Forbesi* : *nm*, nervures médianes ; *ni*, nervures marginales ; *scl*, sclérites ; *hyd*, hydathodes.

Corolle. — Cellules épidermiques externes du limbe à replis internes sur les faces radiales.

Étamine. — Comme *P. sinensis* ; Pollen *en tétraèdres* (fig. 24)

Fig. 51. — Ovule jeune de *Primula Forbesi* en section longitudinale.

à faces courbes, présentant un sillon le long des arêtes et un pore aux sommets.

Ovaire. — Paroi ovarienne à cellules comme *P. sinensis* : trois, rarement quatre assises de parenchyme homogène, cinq faisceaux non ramifiés.

Style à section légèrement polygonale. Épiderme tannifère, paroi externe très épaisse. Presque contre l'épiderme cinq faisceaux libéro-ligneux très réduits. Parenchyme dont les cellules deviennent plus étroites, plus longues et plus riches en protoplasme à mesure qu'on approche du canal stylaire occupé par un prolongement du placenta sur le tiers de sa hauteur.

Ovule. — Des ovules très jeunes montrent les deux téguments d'abord réduits à une assise de cellules chacun. Par des cloisonnements tangentiels le tégument externe devient bisérié, l'interne, trisérié. Les cellules externes et celles en contact avec le nucelle sont tannifères. Nucelle typique avec une file axile de cellules volumineuses diminuant du micropyle, à la chalaze entourée par une assise de cellules plus petites (fig. 51).

Section IV. — **Floribundæ** Pax.

P. verticillata Forsk.

Racine. — *Racine principale.* — Type binaire comme dans *P. sinensis*, à productions libéro-ligneuses secondaires abondantes. — Parenchyme cortical mince (trois assises) très tôt exfolié, sauf l'endoderme cloisonné radialement.

Racine latérale. — Structure normale, parenchyme cortical sérié radialement, sauf tout à fait dans la zone externe ; quatre faisceaux ligneux primaires, cambium libéro-ligneux continu et épais, bois secondaire peu abondant.

Tige. — 1. Structure anormale dans la région feuillée. Épiderme avec poils tri-cellulaires capités. — Écorce parenchymateuse formée de cellules régulièrement prismatiques, à parois minces, non amylifères, sans présenter encore de gaine endodermique subérifiée autour du cylindre central. — Cylindre central comprenant un péricycle épais *parenchymateux*, une couronne libéro-ligneuse ; traces foliaires très arquées, divisées dans l'écorce en trois faisceaux restant accolés sur un arc presque circulaire; liber mince, sérié radialement, à éléments criblés disséminés au milieu d'un parenchyme cambiforme ; bois d'épaisseur très inégale, formé de vaisseaux et de parenchyme sériés radialement — moelle parenchymateuse homogène. Les arcs libéro-ligneux montrent parfois une tendance à la division en faisceaux.

2. Région inférieure, dépourvue de feuilles et rhizomatoïde. Écorce complètement exfoliée, sauf l'endoderme dont les parois

subérifiées demeurent minces. En plusieurs points il se produit dans le péricycle très élargi des arcs libéro-ligneux surnuméraires.

Les mailles de ce réseau radicifère sont très larges, les arcs libéro-ligneux parcourent des distances verticales bien plus longues que dans le *P. officinalis* où les éléments libéro-ligneux de ce système sont fréquemment coupés dans le sens longitudinal sur une coupe transversale de la tige.

P. floribunda Wallich.

Tige. — Même structure que la tige de *P. verticillata*. Parenchyme cortical amylifère *persistant*, endoderme à cellules volumineuses, membrane primitive subérifiée, épaisse à sa face interne, *réseau radicifère* très peu développé. Bois très compact, sauf dans les traces foliaires vers leur insertion, où les vaisseaux sont disséminés au milieu d'un parenchyme cambiforme.

Feuille. — 1. *Pétiole*. — A la base, section plan convexe avec bords relevés. Épiderme à parois minces, cuticule finement striée. Poils tri-cellulaires et *n*-cellulaires terminés par une cellule sphérique. Parenchyme formé de cellules prismatiques inégales avec méats triangulaires et quadrangulaires. Cellules tannifères très nombreuses.

Système conducteur en arc continu, comprenant plusieurs assises de fibres primitives externes dont quelques-unes sont lignifiées, une bande de tissu criblé, entrecoupée de grandes cellules parenchymateuses tannifères; une bande de tissu vasculaire composé de files radiales de vaisseaux et de parenchyme conducteur, enfin une bande de fibres primitives internes remplissant la concavité de l'arc.

2. *Limbe*. — Entre les nervures, structure bifaciale *à peine indiquée*. Épidermes à cellules ondulées, parois minces. Stomates et poils sur les deux faces, mais beaucoup plus nombreux sur la face externe.

Mésophylle ne comprenant que trois assises de cellules; assise sous-épidermique interne formée de cellules à peine plus longues que larges, laissant fréquemment entre elles des méats qui correspondent aux stomates, le reste formé de cellules à section arrondie ou elliptique avec méats plus volumineux.

Dans la région des nervures fort saillantes, deux assises de cellules prismatiques séparent le faisceau conducteur de l'épiderme interne, sous l'épiderme externe, le parenchyme est semblable à celui du pétiole. Toutes les cellules du mésophylle sont riches en grains

d'amidon. Nervation pennée, nervure médiane et nervures de deuxième ordre terminées en hydathode.

La nervure médiane à la base présente la même structure que le système conducteur du pétiole. A mesure que les sections approchent du sommet, la section devient ovalaire, les fibres péridesmiques diminuent ainsi que les cellules parenchymateuses du bois et du liber.

Hampe florale. — Structure anormale. — Stomates et poils *n*-cellulaires, très longs et très nombreux.

Parenchyme cortical amylifère et tannifère.

Péricycle fibreux, quatre assises, liber et bois en *couronne continue* par suite du grand nombre de faisceaux libéro-ligneux.

Section V. — **Petiolares** Pax.

P. petiolaris Hook.

Racine latérale. — Structure normale. Cylindre central tétrapolaire, productions libéro-ligneuses secondaires peu abondantes. Moelle réduite à quelques cellules. Écorce riche en amidon.

Tige. — "*Type gamostèle*", cordons libéro-ligneux à course très oblique, de telle sorte que sur une coupe les éléments ligneux et libériens sont vus dans le sens longitudinal. Vaisseaux en grande partie annelés ; traces foliaires insérées par des vaisseaux courts très nombreux. Parenchyme fondamental bourré d'amidon.

Feuille. — Limbe graduellement atténué en pétiole. Section en V. Cellules épidermiques et parenchyme prismatiques à la base.

Limbe. — Cellules épidermiques très ondulées. Stomates nombreux et poils peu abondants, 3-4 cellulaires terminés par une cellule sphérique, cellules marginales prolongées, papilles coniques courtes. Mésophylle bifacial avec une assise de cellules palissadiques deux fois plus longues que larges. Nervure médiane : sections en secteur plus grand que le demi-cercle, arc de fibres primitives cellulosiques et de tissu criblé, bois composé d'un grand nombre de vaisseaux, de quelques cellules parenchymateuses et bande de fibres primitives internes.

Système floral comme *P. sinensis*.

Calice : poils épidermiques tri-cellulaires capités. — Nervure médiane et deux ramifications qui se terminent dans deux petites dents de chaque côté du sommet : deux nervures marginales se terminant en anastomoses avec les deux précédentes.

Section VI. — **Bullatæ** Pax.

P. bullata Fr.

La rhizome du *P. bullata* Franchet a une structure remarquable au point de vue de l'appareil vasculaire.

L'épiderme et l'écorce s'exfolient. Une assise subéro-phellodermique, d'origine péricyclique, forme un liège épais, fragmenté radialement et un phelloderme dont les cellules, à parois épaissies, sont disposées en séries radiales et concentriques.

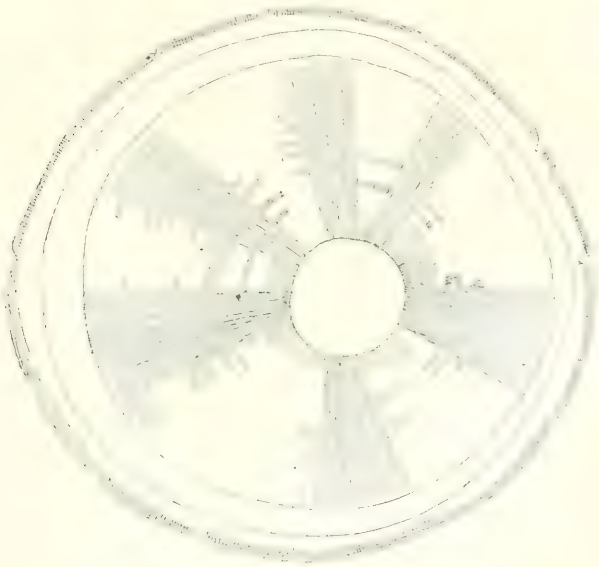


Fig. 52. — Schéma de la tige de *Primula bullata* Fr. : *li*, liège péricyclique ; *tc*, tissu criblé ; *v.scl*, vaisseaux et sclérenchyme vasculaire ; *pv*, parenchyme vasculaire.

L'appareil libérien forme un anneau mince dans lequel l'élémen parenchymateux est prédominant.

L'appareil vasculaire occupe presque toute la masse de l'organe Sur un rhizome présentant un rayon de 3 millimètres environ, l'anneau vasculaire présente une épaisseur de 2 millimètres.

Les éléments qui le constituent sont des vaisseaux et du paren-

chyme vasculaire lignifié ou cellulosique combinés d'une manière singulière (fig. 52).

Autour de la moelle parenchymateuse homogène, vient d'abord un anneau complètement lignifié, avec pointements primitifs en petit nombre; le parenchyme lignifié y est très abondant et sérié radialement. De cet anneau, six bandes rayonnantes, également lignifiées, divergent jusqu'à l'assise génératrice libéro-ligneuse; les vaisseaux allant en augmentant de nombre vers la périphérie. Enfin l'espace compris entre ces bandes lignifiées est occupé par un parenchyme en majeure partie cellulosique, déchiré régulièrement (1) de manière à donner des lames tangentielles parallèles, quelquefois envahies par la lignification.

Feuille. — Forme obovale, graduellement atténuée à la base.

Structure du limbe nettement bifaciale.

Épiderme interne, cellules isodiamétriques vues de face, à contours

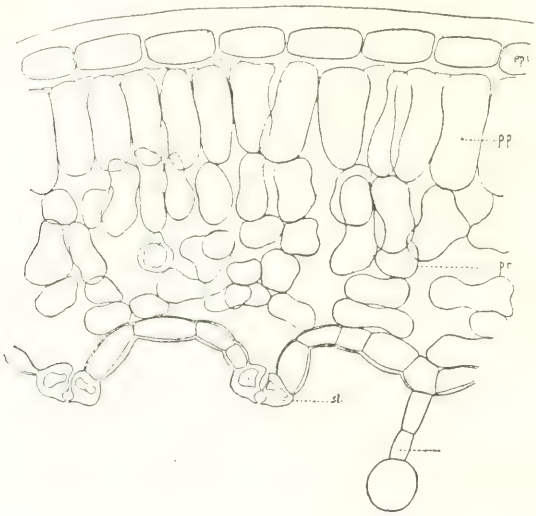


Fig. 53. — Coupe transversale du limbe de la feuille de *Primula bullata* Franchet : *epi*, épiderme interne ; *pp*, parenchyme palissadique ; *pr*, parenchyme rameux (gr. = 300).

légèrement ondulés et paroi externe très épaisse; pas de stomates et poils 3, rarement 4-cellulaires capités. A la face externe, au-dessus des nombreuses nervures, cellules prismatiques rectilignes et poils; dans les mailles un peu enfoncées, cellules ondulées très petites,

(1) Dans les matériaux d'herbier et vraisemblablement dans les tiges âgées.

entremêlées de très nombreux stomates proéminents et de nombreux poils. Toutes les cellules sont recouvertes d'un enduit jaune formé par une substance pulvérulente en bâtonnets.

Le mésophylle est constitué entre les nervures par deux assises de cellules palissadiques, la plus profonde formée en certains points de cellules légèrement rameuses, et par trois assises environ de cellules très rameuses ; lacunes sous-stomatiques très accusées (fig. 54).

Dans la région des nervures, toutes très saillantes, la différenciation ci-dessus cesse, le parenchyme est très abondant à la face externe.

Le système conducteur comprend dans son ensemble : 1° une nervure médiane qui forme une bande libéro-ligneuse très étalée dans la région pétiolaire, et qui prend une section flabelliforme dans le limbe (fig. 54 et 55) ; 2° des nervures de second ordre, parallèles, à section flabelliforme à la base, ovalaire au sommet ; 3° un réseau très serré, à mailles quadrilatères.

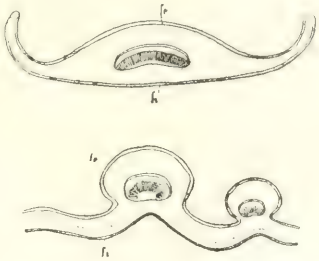


Fig. 54 et 55. — Coupe transversale schématique du pétiole et du limbe dans la région de la nervure médiane de la feuille de *Primula bullata* ; *fi*, face interne.

Dans les nervures saillantes, les éléments constitutifs sont des fibres primitives externes et internes collenchymatoïdes, sur plusieurs assises, une large bande de tissu criblé du type normal, un arc épais de tissu vasculaire à vaisseaux en files radiales serrées et longues, entremêlées de rares files de parenchyme vasculaire.

Section VII. — **Vernales** Pax.

Racine. — *Racine principale.* Structure binaire normale à productions libéro-ligneuses peu développées.

Racine adventive. — Structure normale. Parenchyme cortical et collenchymatoïde dans la zone externe ; péricycle pouvant présenter une à cinq assises de cellules ; cinq, six lames ligneuses et libériennes primaire, moelle large. Bois et liber secondaires développés à la face interne du liber primaire et surtout dans les rayons, masquant ainsi la structure primaire.

Tige adulte. — Structure anormale, Écorce bourrée d'amidon ; parois épaissies ponctuées dans la zone interne ; endoderme subé-

rifié. Système conducteur composé d'une couronne libéro-ligneuse normale, interrompue aux points d'insertion des feuilles et d'un *réseau libéro-ligneux radicifère développé aux dépens de l'assise péricyclique primitive*; vaisseaux du bois très inégalement répartis entremêlés d'un parenchyme abondant. Moelle : parenchyme épaissi et ponctué, parsemé de *paquets de sclérenchyme dans les régions âgées.*

Feuille. — *Pétiole.* — A la base, section demi-circulaire, concave à la face interne ; au milieu, section triangulaire ailée.

Épiderme portant de très nombreux poils des deux formes tri-cellulaires courts et *n*-cellulaires très longs, toutes deux capitées.

Parenchyme à cellules bourrées d'amidon au moment de la fructification, sauf dans les cellules tannifères très nombreuses et régulièrement réparties. Endoderme légèrement lignifié, lame moyenne subérifiée.

Trace foliaire, unifasciculée à son insertion, ramifiée avant la séparation de la feuille. Sa section est réniforme, celle de ses deux rameaux latéraux est concentrique. Faisceau médian : fibres péridesmiques externes embrassant toute la courbure externe, sur quatre assises environ toutes lignifiées. Tissu criblé en lame arquée mince à cellules parenchymateuses tannifères. Bois beaucoup plus épais que le tissu criblé, vaisseaux et parenchyme cellulosique tannifère ; dans la concavité interne, fibres péridesmiques lignifiées

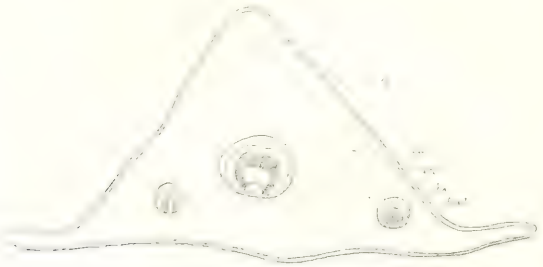


Fig. 56. — *Primula acaulis.* Coupe transversale schématique du pétiole : *ep*, épiderme; *per*, péridesme; *tis cr*, tissu criblé; *bo*, bois; *fp. scl*, fibres péridesmiques internes sclérifiées.

(fig. 56). Les premières ramifications de la trace foliaire sont concentriques à la base, le liber se retire graduellement vers la face externe en s'approchant du limbe; quelques fibres externes lignifiées.

Limbe. — Épiderme à cellules ondulées avec épaississements asymétriques aux points de courbure Stomates et poils des deux

formes sur les deux faces, la forme *n*-cellulaire est très longue et forme presque un feutrage à la face externe.

Mésophylle bifacial; tissu palissadique lâche, lacuneux sous les stomates, une assise, quelquefois deux assises de cellules irrégulièrement cylindriques. Parenchyme lacuneux à cellules très rameuses disposées sur quatre ou cinq assises. Nervation pennée, réticulée. Nervure médiane saillant en crête. Faisceau conducteur à section encore réniforme, au milieu, à fibres péridermiques externes collenchymatoïdes, quelques fibres internes lignifiées.

Hampe florale. — Structure normale. — Stomates et poils de deux formes, tri-cellulaires capités et *n*-cellulaires unisériés, à pointe aiguë. Parenchyme cortical tannifère dans la zone interne. Péricycle scléreux épais; six à dix faisceaux libéro-ligneux à *liber* complètement *enfoncé dans l'anneau scléreux.*

La lecture de la figure 19 montre le passage du système conducteur de la hampe à celui des pédoncules floraux et des bractées.

Pédoncule floral. — Même anatomie générale que la hampe. Poils épidermiques plus nombreux. Écorce lacuneuse. *Cinq* faisceaux libéro-ligneux.

Bractée. — Cellules épidermiques allongées à parois rectilignes ou légèrement curvilignes, faiblement sinuées vers le sommet. Stomates assez abondants sur la face interne, en nombre très limité sur la face externe. Poils *n*-cellulaires longs très nombreux sur la face externe, en petit nombre sur la face interne. Parenchyme rameux de la base au sommet formé de cellules allongées dans le sens de la nervure médiane sur deux assises vers les bords, trois vers le milieu, plus abondant à la face externe de la nervure.

Parcours des faisceaux dans le réceptacle floral. — Les cinq faisceaux du pédoncule se divisent en trois rameaux, le médian se prolonge directement dans la nervure médiane des sépales, les deux latéraux se réunissent à droite et à gauche avec leurs voisins pour former les faisceaux pétalaires. Dès que ces dix faisceaux sont constitués, les placentaires viennent s'unir à eux sur leurs faces latérales, puis les faisceaux intercalaires de la corolle s'unissent aux sépalaires et les faisceaux marginaux du calice sur les pétalaires. La paroi ovarienne renferme à sa base dix faisceaux libéro-ligneux, les cinq médianes rejoignent les pétalaires, les cinq marginaux les placentaires (fig. 20).

Calice. — Cellules épidermiques ondulées allongées; stomates et poils comme dans le limbe de la feuille.

Parenchyme rameux de la base au sommet.

Système conducteur constitué par cinq faisceaux médians abon-

damment ramifiés dès la base. Il n'y a pas les cinq nervures intercalaires que j'ai décrites dans la corolle de *P. sinensis*.

Corolle. — Poils tri-cellulaires courts nombreux dans la région de la gorge.

Parenchyme formé de cellules cylindriques, très longues, plus ou moins tortueuses et unies bout à bout.

Système conducteur comme *P. sinensis*.

Étamine comme *P. sinensis*.

Pistil. — Paroi ovarienne comme *P. sinensis*. Style. — Quelques rares poils *n*-cellulaires capités. Zone parenchymateuse externe plus épaisse que dans *P. sinensis*; six faisceaux libéro-ligneux. Canal stylaire trifide très étroit, avec quelques cellules papilleuses.

Stigmate sphérique, à papilles très longues. Parenchyme conducteur formé de cellules à section polygonale régulière et à parois minces. Les bords de l'ouverture du canal stylaire se touchent.

Placenta. — Parenchyme bourré d'amidon. A la maturité des graines, il est parsemé de cellules lignifiées, spiralées. — Faisceaux conducteurs concentriques au nombre de dix vers leur insertion, fusionnés de manière à n'en donner que six, sept. Ces faisceaux

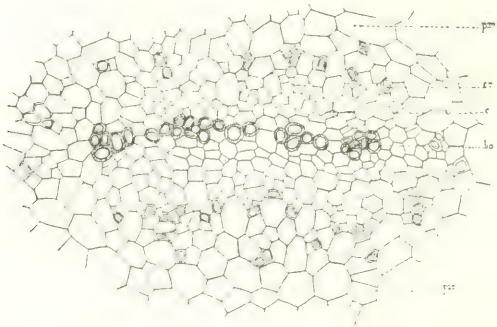


Fig. 57. — *Primula acaulis*. Coupe transversale d'un faisceau placentaire, faite dans le sommet du placenta : *par*, parenchyme; *cr*, tissu criblé; *c*, cambium; *bo*, bois (gr. = 450).

sont fréquemment étirés dans le sens tangentiel, le bois forme alors une bande étroite (fig. 57).

Ovule. — Ovules très nombreux de forme sphérique à structure typique normale, sauf pour le tégument interne qui au lieu de trois assises de cellules en comporte six environ, par suite du cloisonnement de l'assise moyenne. C'est à ce cloisonnement qu'est due la forme un peu anormale des ovules.

Graine. — Comme *P. sinensis*.

P. acaulis Jacq.

Structure semblable à celle de *P. officinalis*.

Le système vasculaire de la tige présente une tendance marquée à se diviser en faisceaux libéro-ligneux tous équivalents au point de vue de la forme et des dimensions.

Le parenchyme cortical forme un liège dans sa zone externe.

Feuille. — A la base de la feuille, la nervure médiane présente une structure concentrique, le liber enveloppe complètement le bois, limitant un peu de parenchyme au centre. L'anneau conducteur est néanmoins plus épais du côté externe; il s'ouvre, devient flabelliforme, puis ovalaire au sommet du limbe.

Les nervures de second ordre déterminent, comme la nervure médiane, des saillies très fortes à la face externe, saillies où les poils sont très nombreux et très longs.

P. elatior Jacq.

Structure semblable à celle de *P. officinalis*.

Section VIII. — **Soldanelloides** Pax.

Pr. pinnatifida Franchet.

Racine adventive. — Écorce épaisse (3/4 R) amylifère; quatre faisceaux ligneux primaires peu développés. Productions libéro-ligneuses peu abondantes à la face interne du liber primaire; moelle parenchymateuse.

Feuille. — Trace foliaire unifasciculée à son insertion, émettant deux rameaux dès la base; section circulaire, liber et bois en parties égales et collatérales.

Limbe. — Cellules épidermiques à contours rectilignes ou à peine ondulées (30-40 μ). Stomates sur les deux faces, abondants surtout sur la face externe. Poils de deux formes, tri-cellulaires capités courts *n*-cellulaires capités très longs. Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques, trois, quatre de cellules rameuses. Nervation pennée, hydathodes à toutes les dents de la feuille. Toutes les nervures importantes sont entourées par un endoderme.

Section IX. — **Auriculatæ** Pax.

P. auriculata Lamark.

Feuille. — *Pétiole.* — Trace foliaire plurifasciculée comprenant un faisceau médian et une série de faisceaux latéraux diminuant graduellement de volume. Faisceau médian à section demi-circulaire; fibres primitives internes très abondantes formant un massif demi-circulaire à la face interne de la lame ligneuse; gaine endodermique autour de tous les faisceaux. — *Limbe* : structure bifaciale. Cellules épidermiques à contours ondulés ou en lignes brisées avec épaississements aux points de courbure. Poils tri-cellulaires capités, sur les deux faces. Stomates sur la face inférieure seulement, très nombreux, une assise de cellules palissadiques.

Nervation pennée réticulée. Dans chaque dent de la feuille, la nervure correspondante se termine en hydathode.

Hampe florale, pédoncule floral comme *Primula sinensis.*

Calice. — Épiderme externe : cellules à paroi externe bombée en papille conique courte. Stomates très nombreux. Poils tri-cellulaires sur les deux faces.

Corolle. — Poils tri-cellulaires clairsemés à la face interne du limbe.

Paroi ovarienne. — Parenchyme comprenant deux assises de cellules lignifiées au sommet, l'externe beaucoup plus que l'interne. Tout le reste comme *P. sinensis.*

Section X. — **Capitatæ** Pax.

P. denticulata Smith.

Racines principale et adventives identiques à celles du *P. officinalis.*

Tige. — La structure de la tige est en relation étroite avec celle du pétiole. Elle varie considérablement suivant la distance du point considéré au sommet de la tige où le système libéro-ligneux est constitué par des arcs libéro-ligneux à bords recourbés identiques à ceux du pétiole dont ils ne sont que la continuation. Plus bas, ces ares se fusionnent plus ou moins donnant ainsi des bandes libéro-ligneuses ou une couronne libéro-ligneuse anormales puisqu'elles présentent à la face interne du bois normal, du bois et du liber inversement orientés. Un arc libéro-ligneux pétiolaire, peut, dans cer-

tains cas, se continuer partiellement dans la tige par un cordon concentrique (fig. 58).

Cette structure n'est donc qu'une complication du type « *Monostélique* » de M. Van Tieghem et non une tige « *gamostèle* » proprement dite.

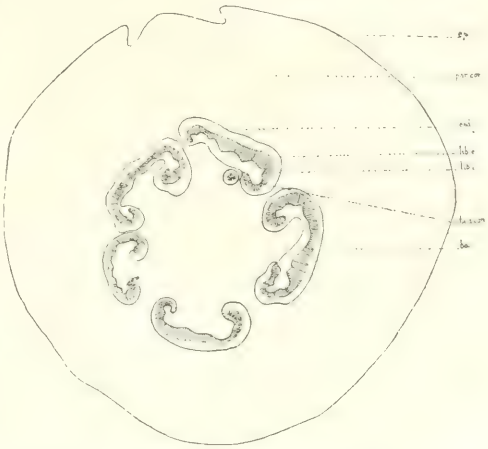


Fig. 58. — *Primula denticulata.* Coupe transversale schématique du sommet de la tige : *lib. e*, liber externe ; *lib. i*, liber interne ; *faisc. conc*, faisceau concentrique.

P. capitata Hook.

La racine et la tige ont la même structure que dans l'espèce précédente.

Feuille. — A son insertion sur le système conducteur de la tige, la trace foliaire est concentrique et bilatérale ; avant la séparation de la feuille, elle émet deux rameaux latéraux également concentriques et bilatéraux. Dans la région pétiolaire, ces rameaux deviennent collatéraux ainsi que la nervure médian.

Limbe. — Épiderme à cellules ondulées, celles de l'épiderme interne beaucoup plus volumineuses et à parois moins ondulées que celles de la face externe. Stomates sur la face externe seulement, très nombreux et légèrement proéminents. Poils tri-cellulaires capités sur les deux faces. — Mésophylle bifacial ; tissu palissadique d'épaisseur variable, une, deux, trois assises de cellules irrégulièrement cylindriques ; tissu lacuneux très épais à cellules fort petites.

Section XI. — **Farinosæ** Pax.

P. farinosa L.

Racine adventive. — Parenchyme cortical collenchymatoïde dans la région externe, quelquefois même dans la zone interne toujours épaisse ; trois à cinq lames ligneuses primaires, vaisseaux secondaires abondants et formation tardive de vaisseaux aux dépens des cellules de la moelle.

Tige. — Structure anormale, du type *polystélique* de MM. Van

Tieghem et Douliot, variant notablement de la base au sommet. A la base, le système conducteur est formé par un réseau de faisceaux concentriques à section circulaire ou convexe-concave lorsqu'ils sont isolés, fusionnés en arcs concentriques ou collatéraux disposés sur un cercle ; vers le sommet, le liber disparaît peu à peu de la face interne de ces arcs jusqu'à donner des bandes collatérales sur un cercle ou toutes groupées d'un côté à l'insertion des faisceaux de la hampe florale. Au-dessus de cette insertion, il n'y a plus de liber et de bois internes, l'appareil conducteur y est du même type que dans les tiges de *Primula* à structure normale.

Feuille. — Structure bifaciale. Épiderme externe à cellules ondulées très petites, stomates abondants et poils d'une forme, tri-cellulaires courts. Épiderme interne : cellules à contours rectilignes ou à peine ondulés, stomates et poils peu nombreux. — Mésophylle : une assise de cellules palissadiques et parenchyme rameux très lacuneux sous l'épiderme externe, cellules tannifères nombreuses. A la base de la feuille, parenchyme prismatique ou cylindrique lacuneux parsemé de sclérites. — Nervation pennée à nervure médiane et nervures de second ordre terminées en hydathodes dans les dents de la feuille (fig. 14). Nervure médiane à section réniforme à la base ; liber enveloppant presque complètement le bois disposé en éventail ; gaine subérifiée plus ou moins complète.

Hampe florale (9 à 12 faisceaux libéro-ligneux) et pédoncule floral (5 faisceaux) à structure typique normale.

Pr. longiflora All.

La seule différence que présente cette espèce avec le *P. farinosa L.* réside dans le nombre et la disposition des stomates, absents à la face interne de la feuille et au contraire extrêmement nombreux à la face externe.

Pr. sibirica Hook.

Anatomie identique à celle du *P. longiflora*.

Section XII. — **Minutissimæ** Pax.

Nous n'avons pu étudier de type de cette section.

Section XIII. — **Tenellæ** Pax.

P. bella Franchet.

Racine adventive. — Cylindre central très étroit ; trois, quatre lames ligneuses primaires complètement entourées par de larges vais-

seaux secondaires ; trois, quatre cordons libériens distincts. Assise pilifère subérifiée, assise subéreuse à cellules épaissies sur les faces latérales et internes, parenchyme cortical collenchymateux dans la zone externe, riche en cellules tannifères, endoderme à parois épaisses.

Tige. — Structure anormale avec développement considérable de sclérenchyme. Système libéro-ligneux formé par une série de lames libéro-ligneuses arquées, disposées en cercle, entourées chacune par un endoderme subérifié. Le liber très épais sur leur face externe entoure partiellement le bois formé de files radiales de vaisseaux entremêlés de parenchyme ; à leur face interne, lame tangentielle de fibres lignifiées.

La sclérification du parenchyme fondamental est poussée très loin et varie avec le niveau. Au centre de la tige, entre les lames conductrices sur leur face externe et autour des faisceaux foliaires, sclérenchyme en amas volumineux.

Feuille de petite dimension et de forme caractéristique : région d'insertion large, se rétrécissant en un pétiole aplati, court, terminé par un limbe divisé en cinq lobes triangulaires profonds ; la nervure médiane envoie une nervure dans chacun de ces lobes.

Structure bifaciale dans le limbe. Épiderme interne sans stomates avec de rares poils et des cellules à parois radiales moniliformes de face, rectilignes ou légèrement curvilignes ; cuticule fortement striée. Épiderme externe à stomates tellement abondants qu'ils se touchent presque. Poils nombreux ; cellules épidermiques beaucoup plus petites que sur la face opposée. — Trois assises de cellules palissadiques larges occupant les deux tiers de l'épaisseur totale, trois assises de cellules rameuses.

A la base, parenchyme homogène *parsemé de sclérites* isolés ; cellules tannifères nombreuses.

Pédoncule floral. — Cinq faisceaux larges et rapprochés, s'étalant en arc sous la fleur.

Calice. — Cellules épidermiques à parois droites, celles de l'épiderme interne épaissies et lignifiées à la base. Cuticule à stries longitudinales parallèles. Stomates et poils 3 et 4-cellulaires.

Mésophylle homogène, lacuneux.

Le reste de la fleur a la même structure que dans *P. sinensis*.

Corolle. — Épidermes tannifères. Autour des faisceaux, gaine de parenchyme tannifère. La face interne porte des *poils unisériés pluricellulaires*, très allongés formés de cellules en tonneau. C'est la première fois que nous observons cette forme de poils chez les Primevères, forme semblable à celle que nous verrons chez les *Anagallis*.

Ovaire. — Parenchyme prismatique plus abondant dans la région des cinq nervures médianes, très réduites.

Placenta. — Riche en malophosphate de calcium (1); trois, quatre faisceaux concentriques serrés sur un cercle, au centre du parenchyme.

Section XIV. — **Nivales** Pax.

Primula sikkimentis Hooker.

Racine. — *Racine latérale* (Diam. 2 millimètres). Structure normale avec productions secondaires très réduites. Assise pilifère devenant épidermoïde en épaississant ses parois externes. Assise subéreuse à cellules très allongées radialement. Parenchyme cortical occupant les 5/6 du rayon total, collenchymatoïde dans les assises périphériques. Cylindre central comprenant neuf lames ligneuses primaires, cambium donnant surtout du tissu criblé secondaire à la face interne des cordons primaires. Moelle formée de cellules prismatiques sans méats.

Tige. — Structure semblable à celle de *P. sinensis*. La zone interne de l'écorce dans les tiges âgées est le siège d'un cloisonnement tangentiel très intense, alors que la région externe de l'écorce n'est pas exfoliée. Les assises périphériques du tissu secondaire ainsi formé se transforment en liège.

Moelle parenchymateuse à la périphérie, devenant subérifiée plus vers le centre et de nouveau parenchymateuse au centre.

Feuille. — 1. *Cotylédon*. — Pétiole (longueur: 8 millimètres environ). Section demi-circulaire. Même structure que *P. sinensis*.

Limbe. — Épiderme à cellules ondulées. Poils tri-cellulaires capités, courts sur les deux faces; stomates sur la face inférieure. Parenchyme faiblement bifacial; assise palissadique unique, à cellules lâchement unies; tissu lacuneux formé de quatre assises de cellules rameuses très aplaties parallèlement à la surface. Nervure médiane terminée en hydathode, et une ou deux nervures secondaires de chaque côté.

Feuille. — La trace foliaire simple à son insertion sur le cylindre central de la tige, se divise dans l'écorce en un faisceau médian concentrique et bilatéral et deux faisceaux latéraux concentriques.

Limbe. — Cellules épidermiques ondulées plus volumineuses à la face interne ($L = 60\ \mu$, $l = 45\ \mu$) qu'à la face externe ($L = 30\ \mu$, $l = 20\ \mu$) où les stomates sont extrêmement abondants (environ

(1) Dans les matériaux ayant séjourné longtemps dans l'alcool.

400 par millimètre carré) et proéminents. Poils très nombreux sur la face externe, rares sur la face interne de même que les stomates. Parenchyme bifacial : deux assises de cellules palissadiques peu allongées et quatre, cinq assises de parenchyme rameux. Nervation pennée réticulée, nervure médiane et nervures secondaires terminées en hydathodes, nervure médiane à section en segment plus grand que le demi-cercle.

Gaine endodermique enveloppant les nervures les plus volumineuses.

Section XV. — **Barbatæ** Pax.

P. vinciflora Franchet.

Racine. — *Racine latérale.* — *Assise pilifère persistante* subérifiée, assise subéreuse munie d'nn *épaississement cellulosique* considérable sur la face tangentielle interne de ses cellules. Parenchyme cortical épais (5/6 du rayon total), à *parois cellulaires très épaissies*, endoderme normal. — Cylindre central présentant huit lames ligneuses primaires s'avançant près du centre où se différencient tardivement des vaisseaux primaires de seconde formation ; faisceaux criblés composés en grande partie de liber secondaire. Les ramifications, très minces, sont construites sur le type binaire.

Tige. — Type « *monostèlique* » normal sans réseau radicifère. Stomates clairsemés. Poils tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique volumineuse. — Parenchyme cortical collenchymatoïde sous l'épiderme, à protoplasme périphérique, sans amidon.

Système conducteur en couronne continue, à péricycle mince, liber du même type que *P. officinalis* ; bois formé de files radiales de vaisseaux en couronne continue.

Feuille. — Les feuilles sont de deux formes, les plus âgées sont squameuses et recouvrent la partie inférieure de la tige de la même manière que les écailles d'un bulbe de Lis, les autres sont du type normal à limbe atténué vers la base.

Squames. — Cellules épidermiques polygonales régulières vues de face à parois radiales uniformément épaissies. Stries cuticulaires légèrement ondulées et parallèles, de directions différentes d'une cellule à l'autre, stries transverses au-dessus des cloisons. Pas de stomates. Poils tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique volumineuse, extrêmement nombreux sur la face externe, clairsemés sur la face interne. — Parenchyme homogène collenchymatoïde aux angles ; cellules prismatiques volumineuses remplies d'amidon.

Système conducteur constitué à la base par une lame libéro-li-

gneuse légèrement arquée, enveloppée par un endoderme. Elle se ramifie un petit nombre de fois en faisceaux à section ovalaire également entourés par une gaine subérifiée.

Feuille normale. — Dans la partie large du limbe, cellules polygonale vues de face, moitié moins larges que dans les squames. — Stomates très nombreux à la face externe. Deux formes de poils, celle déjà citée et des poils *n*.-cellulaires très longs terminés par une petite cellule sphérique, tous dirigés vers le haut du limbe à la face externe. — Parenchyme bifacial : deux assises de cellules palissadiques n'occupant qu'une faible épaisseur, le reste étant occupé par un parenchyme très rameux.

Dans la région pétiolaire le parenchyme est formé de cellules régulièrement prismatiques.

Comme dans les feuilles squameuses le système conducteur de la feuille s'unit à celui de la tige par une bande libéro-ligneuse faiblement arquée qui se ramifie dès la base suivant le mode penné : les nervures ne se terminent pas en hydathodes.

Section XVI. — **Macrocarpæ** Pax.

Primula Fauriæ Franchet.

Racine latérale. — Système conducteur tétrapolaire ; productions secondaires très réduites. Écorce très épaisse, riche en amidon, assise pilifère persistante et subérifiée.

Tige. — Structure anormale : « type polystélique de MM. Van Tieghem et Douliot. Faisceaux conducteurs à section circulaire ou réniforme, disposés sur un cercle, avec anastomoses nombreuses.

Épiderme avec quelques stomates et poils tri-cellulaires courts. Parenchyme fondamental parsemé de sclérites isolés dans l'écorce, groupés en paquets dans la moelle. Gaine endodermique subérifiée autour de chaque faisceau conducteur. A la périphérie des faisceaux concentriques circulaires : deux assises de fibres primitives ; à la face interne des faisceaux à section réniformes : bois centripète peu développé et fibres primitives abondantes.

Feuille. — *Pétiole* embrassant la tige sur un tiers de sa circonférence ; à la base section en croissant, au milieu section plan convexe à bords révolutés. Cellules épidermiqeus externes beaucoup plus volumineuses que les internes ; poils tri-cellulaires très abondants ; stomates très nombreux à la face externe seulement. Système conducteur comme *P. denticulata*.

Limbe. — Épiderme bifacial, cellules du côté interne, très volumi-

neuses, à contours légèrement curvilignes et sinueux, parois épaissies aux courbures, cuticule à stries parallèles, très fines ; cellules de la face externe, plus petites, à contours curvilignes très sinueux ; stomates et poils tri-cellulaires très nombreux. Mésophylle à différenciation palissadique faible ou nulle ; entre les nervures environ quatre assises de cellules diminuant de diamètre et devenant plus rameuses en allant de la face supérieure vers la face inférieure.

Section XVII. — **Callianthæ** Pax.

P. calliantha Franchet.

Racine. — *Racine latérale.* — Endoderme à épaississement cellulosique interne. Cylindre central étroit, six lames ligneuses primaires réduites, vaisseaux secondaires peu abondants accolés aux lames ligneuses primaires.

Tige. — Tige rhizomateuse à portion aérienne très courte complètement cachée par les feuilles. La structure (type anormal) varie considérablement avec le niveau ; vers le sommet : arcs conducteurs collatéraux distincts, à courbure plus ou moins accentuée, disposés sur un cercle. Ces arcs deviennent graduellement concentriques à commencer par les bords, puis ils se soudent en une couronne à bois et liber doubles, le système libéro-ligneux interne étant toujours moins développé que l'externe.

Feuille. — Limbe à bord denté s'atténuant en un pétiole aplati inséré sur la tige par une base large.

Cellules épidermiques à parois radiales ondulées épaissies, cuticule à stries continues parallèles et rectilignes. Stomates volumineux très abondants sur les deux faces. Poils 3,4-cellulaires à cellule terminale sphérique. — Mésophylle bifacial dans le limbe entre les nervures saillantes; une assise de cellules palissadiques et trois, quatre assises de cellules rameuses.

Dans le pétiole et à la face externe des nervures saillantes cellules prismatiques régulières.

Le système conducteur foliaire se réunit à celui de la tige par un arc de faisceaux collatéraux comprenant une nervure médiane et deux, trois nervures latérales. Dans le limbe la nervation est pennée réticulée du type du *P. officinalis* ; dans chaque denticule une nervure se termine en hydathode. Faisceau médian et faisceaux latéraux à section elliptique dans le pétiole ; fibres péridesmiques externes sclérifiées ; bois uniquement formé de vaisseaux ; dans le limbe, bois formé de parenchyme et de vaisseaux.

Section XVIII. — **Cordifoliæ** Pax.

Primula rotundifolia Franchet.

Tige. — Structure normale. Parenchyme cortical à cellules volumineuses *entremêlées de sclérites*, endoderme subérifié cloisonné radialement.

Système conducteur en couronne continue ; péricycle plurisérié collenchymatoïde : tissu criblé collenchymatoïde épais renfermant quelques sclérites, bois mince, formé de vaisseaux, de parenchyme cellulosique et de sclérites. Parenchyme médullaire semblable à celui de l'écorce.

Feuille. — *Pétiole.* — Plan convexe à la base, prolongé latéralement en ailes ; vers le milieu, section circulaire aplatie du côté interne. Épiderme : cellules à section elliptique, paroi tangentielle interne épaissie, cellules parenchymateuses sous-jacentes collenchymatoïdes. Poils de deux formes, tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique et poils *n*-cellulaires très longs, acuminés à cuticule ponctuée de petites stries longitudinales. — Parenchyme épais, à cellules tannifères très nombreuses.

Le système conducteur varie de forme avec le niveau. A la base c'est une lame arquée dont les bords se touchent, presque complètement enveloppée par un anneau de sclérenchyme péricyclique qui s'enfonce vers le parenchyme conducteur central, plus haut l'anneau scléreux, le tissu criblé et le bois forment un anneau continu dont la symétrie bilatérale devient difficile à saisir.

Limbe. — Épiderme à cellules à contours curvilignes très ondulés à la face externe, à contours rectilignes à la face interne. Stomates et poils tri-cellulaires courts très abondants à la face externe ; quelques poils *n*-cellulaires à cellule terminale acuminée. Cuticule ponctuée. Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques, quatre assises de cellules rameuses étalées dans le sens tangentiel. Système conducteur formé par une nervure médiane, ramifiée dès la partie supérieure du pétiole en nervures de deuxième ordre symétriques terminées en hydathodes riches en vaisseaux.

Hampe florale. — Structure typique. Epiderme à stomates proéminents nombreux ; poils des deux formes citées pour la feuille. Parenchyme corticale mince, (cinq assises de cellules cylindriques), Péricycle mince sclérifié (deux, trois assises) plus de vingt faisceaux libéro-ligneux ; moelle très large (4/5 du rayon total).

Section XIX. — **Proliferæ** Pax.

Primula japonica. Asa Gray.

Racine. — Racines latérales de 15 centimètres de longueur environ, très nombreuses et étroitement serrées tout autour de la base de la tige, avec radicelles sur la moitié inférieure seulement. Diamètre basilaire : 3 millimètres en moyenne. Assise pilifère persistante, parois externes fortement bombées vers l'extérieur, assise subéreuse à cellules très allongées radialement ; parenchyme cortical sérié radialement sur presque toute son épaisseur, bourré d'amidon, et occupant les 5/6 du rayon total. A la base sept lames ligneuses primaires étroites, allongées radialement ; cordons libériens à section circulaire, présentant sur leurs faces radiales et internes un cambium très actif ne donnant que du tissu criblé. Dans la moitié inférieure le nombre des faisceaux ligneux diminue.

Tige. — Structure anormale due au développement considérable du réseau conducteur radicifère. La tige est très courte et porte de nombreuses racines adventives de telle sorte que l'écorce parenchymateuse et bourrée d'amidon est traversée par de nombreux cylindres centraux de racines, ainsi que par de nombreuses traces foliaires. Le système conducteur comprend des lames libéro-ligneuses, plus ou moins étendues, disposées sur un cercle. A la face externe du système libéro-ligneux normal se trouve une autre lame libéro-ligneuse très développée dans cette espèce, constituant le réseau radicifère. La moelle est constituée par un parenchyme semblable à celui de l'écorce.

Feuille. — La trace foliaire au moment où elle se détache du cylindre central forme une lame arquée, qui déjà dans l'écorce de la tige émet deux rameaux. Ces trois faisceaux deviennent à la sortie concentriques et bilatéraux et se comportent plus haut comme dans *P. denticulata.*

Limbe. — Épiderme à cellules ondulées surtout à la face externe où les stomates sont extrêmements abondants. Poils tri-cellulaires courts ; cellules tannifères parsemées. — Mésophylle faiblement bifacial et peu rameux ; assise sous-épidermique interne faiblement palissadique ; trois assises de cellules diminuant de volume vers l'épiderme externe. A la face externe des nervures saillantes parenchyme chlorophyllien, à cellules prismatiques volumineuses. Nervation pennée réticulée ; nervure médiane à section transversale en arc, dont les bords se touchent encore au milieu du limbe.

Le bord de la feuille est denté et dans chaque dent les nervures correspondantes se terminent en hydathodes. Cette espèce nous apparaît donc comme un type franchement adapté aux stations humides.

Section XX. — **Auricula** Tourn.

P. auricula L.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire typique, grand développement de productions libéro-ligneuses secondaires; bois primaire formant une lame bipolaire centrale, bientôt indistincte au milieu des vaisseaux secondaires. Parenchyme cortical à parois épaissies même celles de l'assise subéreuse et de l'endoderme.

Racine latérale. — Structure normale. — Système conducteur tétrapolaire, liber primaire réduit à quelques éléments, lames ligneuses primaires n'atteignant pas le centre. Autour du liber, sauf du côté externe, s'établit un cambium donnant des productions libéro-ligneuses secondaires qui remplissent l'espace compris entre les lames ligneuses primaires.

Radicelles. — Structure binaire.

Tige. — *Hypocotyle.* — Épiderme sans stomates ni poils et parenchyme cortical amylifère, à parois épaissies; endoderme épaissi et cloisonné tangentiellement. Structure primaire du cylindre central identique à celle de la racine principale avec un plus grand développement de productions secondaires. Vers le sommet la lame ligneuse primaire s'éteint : une partie des vaisseaux sont écrasés, d'autres les centraux, s'unissent latéralement aux vaisseaux des deux massifs secondaires latéraux, sur lesquels s'insèrent dans le plan du bois primaire les traces foliaires des deux cotylédons. Les deux faisceaux secondaires se rejoignent et la stèle est constituée, tantôt compacte, tantôt paraissant divisée en faisceaux qui correspondent aux insertions foliaires. Des coupes transversales faites à des niveaux supérieurs montrent une seconde stèle s'insérant sur la première, puis une troisième, etc., toutes se disposant sur un cercle. Leur ensemble et non chacune d'elles est physiologiquement équivalent au cylindre central des tiges à structure normale; anatomiquement, elles ne leur sont pas comparables.

Des coupes longitudinales axiles dans le sommet négatif ne m'ont jamais montré qu'un méristème absolument homogène, sous le dermatogène.

Feuilles, *Cotylédon.* Pétiole : comme *P. sinensis.*

Limbe. — Cellules épidermiques à section elliptique ou quadrangulaire pouvant mesurer dans deux directions perpendiculaires 45-60 μ à la face interne du limbe, 60-80 μ à la face interne du pétiole, à contours sinueux, stomates et poils tri-cellulaires glanduleux courts sur les deux faces. Mésophylle bifacial à cellules très volumineuses, une assise de cellules palissadiques, parfois deux, à peine plus longues que larges et trois, quatre assises de cellules très rameuses.

Autour du faisceau gaine de cellules en partie tannifères ; système conducteur peu développé ; une nervure médiane terminée en hydathode, donnant deux nervures de deuxième ordre insérées à la base du limbe et légèrement ramifiées. Nervure médiane à section ovalaire ; liber formant la majeure partie du faisceau.

Feuille. — La feuille s'insère sur la tige par une base très large présentant sur une section transversale toute une série de faisceaux libéro-ligneux qui s'unissent à ceux de la tige sur tout le pourtour du cercle des stèles caulinaires.

Cellules épidermiques à contours rectilignes allongées à la base puis isodiamétriques légèrement curvilignes ou sinuées ; stomates plus nombreux à la face interne qu'à la face externe ; poils tri-cellulaires courts terminés par une cellule sphérique, peu abondants et poils tri-cellulaires longs à cellule basilaire très grande, très nombreux sur les bords.

A la base dans toute la portion rétrécie de la feuille et parenchyme formé de cellules prismatiques à large diamètre ; dans le limbe : mésophylle faiblement bifacial ; cellules de l'assise palissadique à peine plus larges que longues, lâchement unies ; parenchyme rameux très lacunaire comprenant sept, huit assises de cellules dans la région la plus large du limbe.

Dans la région de la gaine, la nervure médiane a une section demi-circulaire, les nervures latérales diminuant graduellement de dimensions vers les bords ont une section circulaire. Toutes sont entourées par une gaine de sclérenchyme qui cesse d'exister dans la partie rétrécie. Nervation pennée réticulée (angle d'insertion des nervures de 2e ordre = 30°, environ). Les nervures latérales peuvent présenter une structure concentrique ou une structure collatérale dans la région inférieure du pétiole.

Dans le limbe, la nervure médiane prend graduellement une section ovalaire et se termine au sommet en hydathode.

2. DIONYSIA Fenzl (*Macrosiphonia* Duby) (1).

Douze espèces, gazonnantes, vivant dans les rochers des hautes montagnes de la Perse, du Kurdistan et de l'Afghanistan.

D. revoluta Boissier.

Tige. — *Tige adulte, région feuillée.* — La tige est complètement recouverte par les feuilles. Après la chute de celles-ci, le cylindre central n'est plus recouvert que par une assise endodermique fortement subérifiée. La tige n'a donc pas une écorce propre, elle ne possède dans sa région supérieure feuillée qu'un revêtement parenchymateux foliaire.

Sous l'endoderme vient une couronne libéro-ligneuse tout à fait continue circonscrivant une moelle parenchymateuse homogène.

Endoderme : Cellules prismatiques à parois radiales épaissies subérifiées dans la lamelle primitive. Péricycle uni-, quelquefois bisérié, toujours cellulosique; tissu criblé renfermant peu d'îlots criblés, mais beaucoup de parenchyme sérié radialement et légèrement collenchymateux, suivant les cloisons radiales; assise génératrice mince et continue; bois en anneau compact formé en grande partie de vaisseaux disposés en files radiales très régulières; pointements ligneux primitifs et fibres primitives internes distincts dans la région supérieure seulement. Moelle à éléments beaucoup plns petits à la périphérie qu'au centre où elle est plus ou moins dissociée.

Feuille. — Structure bifaciale. Épiderme interne : cellules à parois épaissies et rectilignes, allongées à la base, isodiamétriques au sommet. Épiderme externe, cellules à contours légèrement ondulés; stomates nombreux dans les deux sillons, poils très nombreux, de deux formes tri-cellulaires à cellule terminale sphérique et *n*-cellulaires acuminés, à parois très épaisses. Mésophylle d'épaisseur inégale, mince dans la région des sillons ; tissu palissadique sur deux ou trois assises et tissu rameux très lacunaire ; en certains points, tendance vers la structure centrique.

Faisceau médian à section elliptique. Liber occupant les deux tiers du faisceau; même composition que dans *Primula*, mais légèrement collenchymatoïde. Bois réduit à une bande tangentielle de vaisseaux et de parenchyme.

Pédoncule floral. — Très court : dix faisceaux conducteurs, cinq

(1) Voir A. Bunge in *Bull. de l'Acad. imp. de St-Pétersbourg*, t. XVI, p. 548 pour la monographie des espèces.

se continuent dans la nervure médiane du calice, cinq dans la nervure médiane de la corolle. Dans le réceptacle floral les cinq faisceaux placentaires s'insèrent latéralement sur les précédents chacun par deux branches. Les cinq faisceaux ovariens s'insèrent un peu plus haut sur les faisceaux sépalaires; les faisceaux marginaux des sépales sur les pétalaires : les faisceaux marginaux de la corolle sur les sépalaires.

Calice. — Épiderme à cellules légèrement ondulées, parois radiales épaissies, ponctuées et moniliformes de face ou épaissies asymétriquement, section elliptique, paroi externe épaisse. Stomates abondants sur les deux faces. Poils des deux formes sur la face externe, poils courts capités sur la face interne. Mésophylle en grande partie rameux, formé de cellules courtes; en quelques points tissu palissadique. Dans la région basilaire, autour des faisceaux et disséminées dans la masse, quelques *sclérites* à parois peu épaisses. La nervation comprend une nervure médiane ramifiée au sommet terminée en hydathode et deux nervures marginales. Structure semblable à celle de la feuille avec fibres péridesmiques externes très collenchymateuses.

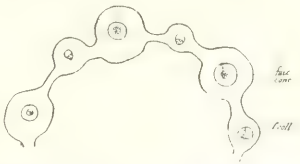


Fig. 59. — *Dionysia revoluta.* Coupe transversale schématique de la région gamopétale de la corolle sous l'insertion des étamines : *nm*, nervure médiane concentrique ; *ni*, nervure intercalaire collatérale.

Corolle. — Dans la région tubaire le parenchyme beaucoup plus abondant autour des nervures, détermine à la surface dix sillons correspondant à l'espace compris entre les nervures (fig. 59); le long des sillons poils des deux formes très nombreux. A la face interne du limbe, cellules épidermiques rectilignes isodiamétriques terminées en papilles courtes, entremêlées de poils tri-cellulaires. A la face externe cellules à contours ondulés et poils des deux formes. — Parenchyme, comme *P. sinensis*.

Système conducteur normal dans le tube; dans le limbe les faisceaux ondulent parallèlement entre eux.

Les faisceaux staminaux cheminent à côté des faisceaux pétalaires très bas avant de s'unir à eux.

Étamine — Structure typique; parenchyme mécanique très abondant, formé de cellules à épaississements spiralés plus épais que dans le genre *Primula*.

Ovaire. — Épiderme typique avec stomates nombreux et proéminents à la face externe, parsemé de stomates et de poils à la base de la face interne. Parenchyme prismatique comprenant en

moyenne quatre assises de cellules prismatiques, plus petites à la base qu'au sommet où les deux, trois assises externes sont déjà uniformément épaissies au moment de l'anthèse, sauf en regard des cinq faisceaux médians.

Cinq nervures médianes peu ramifiées, *le bois ne se développant généralement pas dans les dernières ramifications.*

Placenta. — Globuleux, occupant toute la cavité ovarienne, prolongé dans le canal stylaire. Pédicelle distinct enfoncé dans la masse jusqu'au milieu de la hauteur. Faisceaux concentriques confluents terminés en crosse au sortir du pédicelle, à la surface duquel se trouvent des stomates et des poils.

Ovules très nombreux à structure typique normale. Voir *P. sinensis.*

Dionysia aretioides Lehm.

L'épiderme de la feuille est semblable sur les deux faces. Vers le tiers supérieur du limbe, cellules ondulées à parois minces, cuticule faiblement striée. Stomates peu abondants, deux formes de poils comme dans l'espèce précédente, mais moins nombreux.

D. Aucheri Duby.

Le liber de la tige est formé d'éléments à parois très minces. L'épiderme de la feuille est formé de cellules ondulées plus sur la face externe que sur l'interne, à cuticule fortement striée, surtout vers le sommet où abondent aussi les stomates volumineux et circulaires vus de face. Une forme de poils, quatre, cinq cellulaires terminés par une cellule sphérique.

D. cespitosa Duby.

La structure de la tige rappelle tout à fait celle des *Aretia*. A la base elle présente un épiderme persistant, une écorce parenchymateuse mince, une couronne libéro-ligneuse continue et une moelle parenchymateuse; vers le sommet la couronne libéro-ligneuse se partage en faisceaux distincts adossés à un péricycle scléreux.

Dans le rhizome le bois est fréquemment développé excentriquement.

---

3. DOUGLASIA Lindl.

Quatre espèces, trois dans l'Amérique arctique, une en Europe (Sierra Nevada, Alpes et Abruzzes).

D. Vitaliana Hook.

Racine. — *Racine principale.* — Structure primaire binaire, développement considérable des productions secondaires. Écorce complètement exfoliée, phellogène péricyclique donnant un liège épais et un parenchyme secondaire à parois très épaisses. Cylindre central à lame ligneuse primaire très tôt enveloppée par le bois secondaire, liber très parenchymateux en couronne continue.

Racine adventive. — Écorce exfoliée jusqu'à l'endoderme, pas de liège, trois lames ligneuses primaires distinctes au milieu d'un parenchyme abondant; trois faisceaux libéro-ligneux secondaires, rayons médullaires secondaires très larges.

Tige. — Structure normale, sauf pour l'écorce qui est constituée par les régions basilaires des feuilles qui, après leur chute, mettent l'endoderme à nu.

Épiderme à cuticule fortement striée, poils de deux formes 2-cellulaires capités et *n*-cellulaires ramifiés, unisériés. Parenchyme cortical lacuneux dans la région externe sérié radialement dans la région interne. Endoderme normal au sommet, cloisonné radialement dans les régions âgées. Péricycle cellulosique, collenchymatoïde, plurisérié. Tissu criblé collenchymatoïde en couronne continue sauf dans la région des faisceaux sortants. Bois en couronne continue à la base, découpé en bandes de plus en plus étroites vers le sommet où les feuilles sont insérées avec la divergence 2/5. Les faisceaux foliaires s'insèrent sur cinq bandes libéro-ligneuses intercalaires.

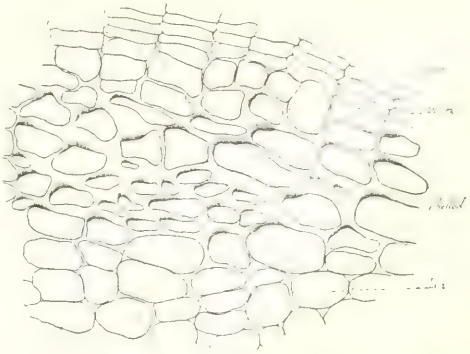


Fig. 60. — Tige de *Douglasia vitaliana* : liège et phelloderme d'origine péricyclique (c. transv.) (gr. = 450). *Li*, liber secondaire.

Il se produit parfois un liège et un phelloderme péricycliques (fig. 60). Le sommet végétatif est large, hémisphérique formé par un méristème homogène.

Feuille. — Épiderme à cellules allongées, parois droites ou légèrement curvilignes. Stomates et poils de deux formes abondants sur les deux faces.

Mésophylle à tendance centrique très prononcée : sous l'épiderme, cellules à section elliptique sur plusieurs assises, ou à section arrondie, surtout en regard de la nervure médiane. — Nervure médiane à section ovalaire, fibres primitives externes se lignifiant tardivement, tissu criblé renfermant peu de cellules parenchymateuses, bois composé de vaisseaux et de parenchyme cellulosique.

Pédoncule Floral. — Épiderme portant comme celui de la feuille de nombreux poils de deux formes.

Parenchyme très lacuneux dans la région moyenne. — Péricycle étroit, sept faisceaux libéro-ligneux distincts allongés radialement.

A la base de la fleur les faisceaux s'étalent, quelques-uns se divisent de manière à donner en tout dix faisceaux, cinq sépalaires, cinq pétalaires sur lesquels s'insèrent latéralement par deux branches les cinq faisceaux placentaires qui bientôt se fusionnent en une couronne libéro-ligneuse continue.

Calice. — Épiderme comme dans la feuille à stomates plus abondants sur la face interne que sur l'externe.

Mésophylle formé de parenchyme rameux à lacunes très développées. Nervure médiane à section ovalaire large; bois riche en vaisseaux, tissu criblé riche en cellules parenchymateuses.

Corolle. — La base du tube de la corolle est plissée transversalement suivant des anneaux complets donnant en coupe longitudinale une bande ondulée.

Cellules épidermiques tannifères, à la face externe tout entière et à la face interne du limbe. Parois légèrement ondulées au sommet du tube ; dans le limbe, cellules papilleuses à replis internes. Poils tri-cellulaires capités en petit nombre.

Parenchyme très mince entre les nervures formé de cellules cylindriques allongées et sinueuses unies bout à bout, très méatiques dans le tube, tandis que dans le limbe elles sont aplaties et rameuses parallèlement à la surface.

Étamine. — Même structure que *P. sinensis*. Parenchyme mécanique à épaississements en U dans la région de déhiscence à épaississements spiralés en petit nombre dans la région du connectif. Poils *n*-cellulaires capités à la surface de l'anthère.

Pollen en grains ellipsoïdes réguliers; trois plis méridiens et trois pores en leur milieu.

Ovaire. — Paroi ovarienne : Épiderme comme *P. sinensis* avec stomates nombreux dans la région supérieure et cuticule nettement ponctuée. — Parenchyme hétérogène dans la région stomatifère ; autour de ces organes il est formé de petites cellules arrondies riches en chlorophylle ; ailleurs il est formé de cellules prismatiques,

un peu allongées perpendiculairement à la surface, sous l'épiderme, vers le sommet. — Cinq faisceaux libéro-ligneux collatéraux :

Style cylindrique, stigmate renflé en chapeau de champignon papilleux, structure typique (V. *P. sinensis*).

Placenta masse ovulifère à forme externe de chaudron renversé à bords évasés, porté par un pédicelle de longueur égale à un tiers de la hauteur totale.

Parenchyme périphérique et épiderme riche en protoplasme.

Système conducteur en couronne libéro-ligneuse pleine (fig. 29).

Ovules au nombre de quatre insérés à angle droit un peu plus bas que le sommet de l'ovaire. Structure anormale : *Tégument unique* comprenant de six à dix assises de cellules polyédriques très petites. Assise périphérique tannifère à cellules allongées radialement ; cuticule interne et externe. Nucelle typique (V. *P. sinensis*).

Graine beaucoup plus volumineuse que dans les genres précédents. Sa structure ne s'éloigne pas notablement de celle du *P. sinensis*. Assise superficielle du tégument formé de cellules tabulaires à parois externes épaissies.

---

4. — STIMPSONIA Wright.

Deux espèces *S. chamædryoides* au Japon et *S. crispidens* en Chine.

S. chamædryoides Wrigth.

Feuille. — *Limbe*. — Cellules épidermiques à contours fortement ondulés, semblables sur les deux faces. Stomates nombreux en-

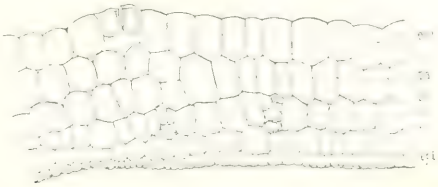


Fig. 61. — *Stimpsonia chamædryoides*. Coupe transversale de la paroi ovarienne ; *ep. e*, épiderme externe ; *ep. i*, épiderme interne ; *pa*, parenchyme ; *tc*, tube criblé ; *c*, cambium ; *v*, jeune vaisseau (gr. = 400).

tourés par quatre cellules. Poils *n*-cellulaires unisériés terminés par une cellule sphérique. Mésophylle non bifacial et très mince ne comprenant que deux, quelquefois trois assises de cellules légèrement rameuses dans le plan de la feuille. — Nervure médiane à section étalée en arc flabelliforme comprenant à la périphérie vers la

face inférieure une assise de fibres primitives non différenciées, puis un arc de tissu criblé, en îlots et une masse vasculaire formée de vaisseaux plus ou moins sériés radialement et de cellules parenchymateuses.

Hampe florale. — *Type Primula.* Épiderme à stomates et poils de deux formes comme dans la feuille. Parenchyme cortical mince (quatre assises de cellules), endoderme partiellement lignifié. Péricycle sclérifié mince (trois assises) ; quinze faisceaux libéro-ligneux remarquables par la grande réduction de leur liber et la largeur des vaisseaux du bois ; moelle parenchymateuse large.

Ovaire. — La structure de la paroi ovarienne est représentée en coupe transversale dans la figure 61.

---

5. — ARETIA L.

Environ douze espèces réparties dans les hautes montagnes de l'Europe, sauf *A. artica* Pax et *A. ochotensis* Pax, localisées dans la Sibérie arctique.

A. pubescens Lois.

Racine. — *Racine principale.* — Structure primaire à lame ligneuse primaire bipolaire. Productions libéro-ligneuses secondaires très abondantes. Écorce complètement exfoliée jusqu'à l'endoderme.

Péricycle à trois, quatre assises de cellules secondaires ; tissu criblé riche en parenchyme conducteur, bois composé de vaisseaux disséminés régulièrement au milieu de parenchyme conducteur.

Les racines de deuxième ordre et d'ordre supérieur sont tripolaires à lames ligneuses réunies au centre.

Tige. — Dans la région supérieure, les feuilles très serrées recouvrent complètement la tige, de telle sorte qu'en ces points une section transversale présente un revêtement parenchymateux foliaire, un cercle de faisceaux libéro-ligneux distincts entourant une moelle large.

Après la chute des feuilles, l'endoderme protège le système conducteur dont les faisceaux distincts d'abord se fusionnent et augmentent d'épaisseur par une assise génératrice. A la base des tiges âgées, la moelle se réduit de plus en plus, le bois occupant presque toute l'épaisseur de l'organe.

Feuille. — Épiderme identique sur les deux faces ; cellules allongées, légèrement ondulées, stomates nombreux, poils de deux

formes : 1° poils tri-cellulaires capités courts; 2° poils mécaniques unisériés rarement ramifiés. — Mésophylle hétérogène ; à la base le parenchyme est prismatique et compact, puis le parenchyme palissadique forme de deux à quatre assises de cellules, commence vers les bords de la feuille en augmentant graduellement vers le sommet, d'abord sur la face interne, puis sur la face externe même.

Nervure médiane à section ovalaire, structure normale.

Pédoncule floral. — Cinq faisceaux libéro-ligneux. Péricycle collenchymatoïde ; parenchyme médullaire cylindrique. Écorce lacuneuse dans la zone externe. Épiderme avec poils de deux formes, sans stomates.

Calice. — Épiderme comme dans la feuille. Mésophylle bifacial ; une assise de cellules palissadiques interrompues sous les stomates, tissus lacuneux à cellules faiblement rameuses.

Nervure médiane à cellules ovalaire, entourées par une assise de parenchyme lignifié au moment de la fructification.

Corolle. — Épiderme à cellules prismatiques à la base devenant ondulées vers la gorge où elles sont prolongées en papilles coniques. Mésophylle : deux assises de cellules prismatiques à la base, devenant rameuses sur leurs faces latérales dans le limbe. — Nervures médianes à structure concentrique au-dessous de l'insertion des étamines, collatérales au-dessus, comme les nervures intercalaires.

Étamine. — *Filet.* — Structure normale. Épiderme prismatique ; parenchyme homogène et faisceau concentrique.

Anthère. — Cellules épidermiques à parois externes convexes. Parenchyme mécanique à épaississements en U ouverts vers l'extérieur, et épaississements spiralés en dehors de la région de déhiscence, parenchyme du connectif prismatique compact; faisceau concentrique, prolongement de celui du filet, mais ayant moins d'éléments ligneux et libériens différenciés.

Pollen. — Grains ellipsoïdes à trois plis méridiens et trois pores en leur milieu.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Stomates abondants sur la face externe. Mésophylle formé de parenchyme prismatique à la base, polyédrique et plus épais au sommet où elles prennent très tôt des épaississements en U dans la région externe.

Placenta. — Couronne libéro-ligneuse continue avec parenchyme central et périphérique riche en amidon.

Ovule. — Même structure que *P. sinensis.*

6. — ANDROSACE L.

M. Pax divise le genre *Androsace* en trois sections : I. *Pseudo-primula* Pax ; II. *Chamæjasme* Koch ; III. *Enandrosace* Pax.

Section I. — **Pseudo-primula** Pax.

Cette section renferme des espèces qui relient étroitement les genres *Primula* et *Androsace* au point que *Franchet* déclare la fusion de ces deux genres comme une conséquence rigoureuse de l'étude des *Pseudo-primula*. *Bentham* et *Hooker* ont été obligés d'invoquer des caractères tirés du port et de la coloration des fleurs pour opérer une distinction appréciable. Les efforts combinés de la morphologie et l'anatomie pourront peut-être établir des caractères tranchés ou accentuer davantage l'affinité de ces deux genres.

Androsace rotundifolia Franchet.

Tige. — En dehors de la région feuillée l'écorce s'exfolie jusqu'à l'endoderme formé de cellules primitives volumineuses, divisées par plusieurs cloisons radiales. Péricycle plurisérié collenchymatoïde, tissu criblé en anneau continu, très riche en parenchyme, sérié radialement, au milieu duquel sont épars des fascicules d'éléments criblés ; bois en anneau quelquefois interrompu par des cellules scléreuses, formé de vaisseaux et de parenchyme ; pointements primitifs très distincts. Moelle sclérifiée partiellement à la face interne du bois et parsemée de sclérites dans toute sa masse, amidon très abondant.

Feuille. — *Pétiole*. — Épiderme à stomates et poils de deux formes : tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique et 5,6-cellulaires terminés en pointe à stries cuticulaires ponctuées. — Parenchyme collenchymateux sur cinq, sept assises environ dans la zone externe parsemée de cellules tannifères, à membrane subérifiée. — Système conducteur formé par un arc libéro-ligneux très courbé, de manière à ce que les bords se touchent presque à la base, plus haut ces bords s'écartent et le tout se fragmente en plusieurs masses très rapprochées sur un arc à forte courbure.

Limbe. — Cellules épidermiques internes à contours rectilignes, parois uniformément épaissies. Cellules externes plus petites à contours légèrement curvilignes et ondulés. Stomates nombreux et poils comme ci-dessus.

Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques courtes et trois assises de cellules tabulaires non rameuses ne laissant entre elles que des méats très réduits.

Dans la région des nervures saillantes il n'y a pas différenciation de parenchyme assimilateur.

Nervure médiane en arc, très étalé, comprenant quelques assises de fibres primitives externes collenchymateuses, un arc mince de tissu criblé, un arc de bois formé de vaisseaux et de beaucoup de parenchyme.

Hampe florale. — Structure typique normale. Poils des deux formes, les *n*-cellulaires (*n*-10) très nombreux et très longs. Parenchyme cortical épais (deux tiers du rayon), endoderme à cadre tangentiel subérifié. Péricycle très mince (une, deux assises) légèrement lignifié; dix faisceaux à structure normale.

Bractée florale très étroite. Cellules épidermiques allongées et prismatiques, sauf tout au sommet où elles sont ondulées et à ornements cuticulaires ponctués. Stomates et poils des deux formes, les poils mécaniques dressés vers la fleur.

Pédoncule. — Structure typique normale, poils mécaniques, 3, 4-cellulaires dressés vers la fleur. Péricycle mince, six faisceaux très réduits se groupant au sommet en cinq massifs qui se divisent chacun en trois faisceaux comme dans *Primula officinalis*.

Calice. — Épiderme à cellules prismatiques allongées sur les deux tiers inférieurs des sépales, puis fortement ondulées. Stomates et poils des deux formes, plus nombreux sur la face externe que sur la face interne. — Parenchyme rameux. — Système conducteur formé par une nervure médiane émettant deux nervures latérales dès la base et par deux nervures marginales non ramifiées. Toutes ces nervures courent parallèlement jusqu'au bord supérieur des sépales. Leur structure est normale et sur toute leur longueur elles sont soutenues par quelques fibres primitives externes lignifiées.

Corolle, Étamine à structurs typique (V. *Primula sinensis*).

A. setchuensis Franchet.

Même structure que l'espèce précédente.

L'écorce de la tige a moins de tendance à s'exfolier.

Les fibres péridermiques du pétiole sont épaissies et lignifiées.

Section II. — Chamæjasme Koch.

A. villosa L.

Racine latérale. — Écorce de bonne heure exfoliée. Cellules endodermiques très volumineuses étirées tangentiellement, pourvues d'un grand nombre de cloisons radiales. Péricycle secondaire multisérié, passant graduellement au tissu criblé disposé en couronne continue. Bois primaire tripolaire formant avec le bois secondaire un cylindre plein.

Tige. — A la base des rameaux gazonnants, la tige possède un épiderme, une écorce épaisse hétérogène, une couronne libéro-ligneuse continue, épaisse, et une moelle fort réduite.

Épiderme : Cellules à paroi externe très épaisse en *majorité tannifères*. Cuticule très striée longitudinalement. Poils de deux formes : 1° *n*-cellulaires, très longs à parois épaisses *terminés en pointe*; 2° 3, 4-cellulaires courts terminés par une cellule sphérique à huile essentielle.

Écorce. — Couche externe de sclérenchyme et parenchyme interne formé de cellules volumineuses, les assises externes très méatiques, très dissociables, ce qui explique la facilité avec laquelle l'écorce se détache. Au niveau des rosettes de feuilles, il n'y a pas encore de sclérenchyme. Endoderme à cellules prismatiques aplaties tangentiellement, recloisonnées dans le sens radial, à parois subérifiées, surtout la lamelle moyenne. Cylindre central : Péricycle plurisérié très collenchymatoïde passant graduellement au tissu criblé formé de petits îlots disséminés au milieu du parenchyme libérien. Assise génératrice très active. Bois en couronne continue, vaisseaux très abondants et sclérenchyme interposé, pointements ligneux primitifs faiblement distincts, fibres primitives internes nombreuses. Moelle : parenchyme à parois minces.

Dans les régions couvertes de feuilles, la tige s'élargit beaucoup, la couronne libéro-ligneuse se décompose en faisceaux libéro-ligneux distincts, destinés aux feuilles. La moelle s'élargit considérablement et le bois se réduit beaucoup.

Feuille. — Les rosettes renferment deux sortes de feuilles, celles du sommet peu nombreuses, dégagées les unes des autres, plus grandes, moins velues que celles de la région inférieure, serrées, imbriquées les unes dans les autres.

Feuilles du sommet. — Structure faiblement bifaciale avec tendance vers la structure centrique au sommet.

Épidermes : cellules à contours rectilignes à la base, ondulés dans les deux tiers supérieurs, à section rectangulaire crénelée, à parois épaissies, surtout la paroi, externe vers le milieu de la face inférieure, recouverte d'une cuticule épaissie. Stomates beaucoup plus abondants sur la face interne que sur l'externe, au même niveau que les cellules épidermiques, à parois très épaisses. Poils de deux formes : 3, 4-cellulaires, parois épaisses, cellule terminale sphérique et 4-cellulaires capités à cellule terminale simple ou divisée sphérique. — Mésophylle : structure bifaciale, sauf *dans la région des bords où la*

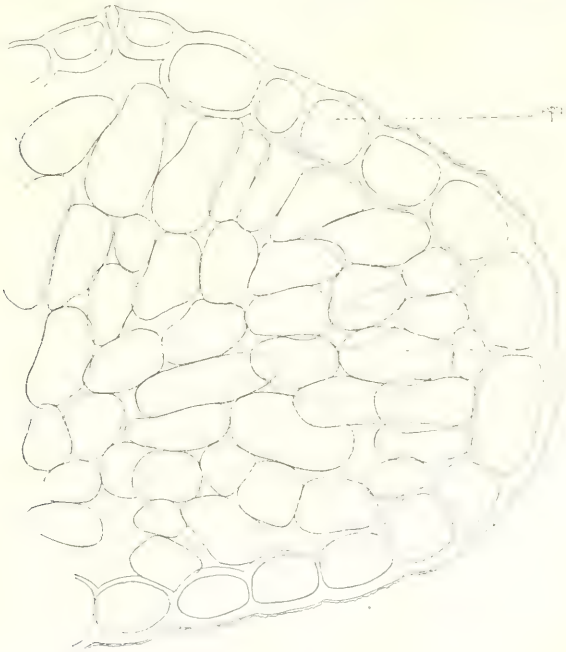


Fig. 62. — *Androsace villosa*. Section transversale de la région marginale de la feuille, *ep. i*, épiderme interne ; *pc*, parenchyme marginal montrant la tendance à la structure centrique (gr. = 400).

structure est centrique (fig. 62) ; une assise de cellules palissadiques deux fois plus longues que larges, lâchement unies, avec de grands espaces aérifères sous les stomates. Parenchyme lacuneux comprenant, dans la région de la nervure médiane, des assises de cellules peu rameuses à section elliptique, très méatiques ; à la base, le parenchyme est homogène. — Système conducteur : nervure médiane à section ovalaire, liber collenchymatoïde beaucoup plus abondant que le bois, et adossé d'une assise de fibres péridesmiques collenchymatoïdes. Bois formé de vaisseaux spiralés et

annelés avec quelques cellules parenchymateuses disséminées ; pas de fibres primitives internes. Dans les ramifications, les vaisseaux se disposent de plus en plus suivant une bande tangentielle.

Feuilles basilaires : imbriquées, parenchyme palissadique inégalement développé dans les moitiés gauches et droites, abondant vers le bord libre, absent en général du côté recouvert (structure anisolatérale).

Hampe florale. — Structure typique normale, endoderme lignifié. Cylindre central large (3/4 R). Péricycle sclérifié ; huit faisceaux libéro-ligneux étalés tangentiellement, bois en V. Moelle partiellement lignifiée à sa périphérie, entre les faisceaux.

Bractée florale. — Épiderme comme la feuille. Parenchyme très lacuneux. Système conducteur : nervure médiane, unique à la base, émettant de chaque côté environ quatre nervures de deuxième ordre parallèles à la première et se ramifiant également une fois. Toutes ces nervures sont approximativement parallèles.

Pédoncule floral. — Structure semblable à celle de la hampe. Péricycle non lignifié à l'anthèse, sept faisceaux, plus volumineux, serrés les uns contre les autres, allongés radialement, réduisant la moelle à quelques cellules.

Dans le réceptacle floral, les faisceaux libéro-ligneux se rapprochent, se groupent en couronne continue, puis se partagent en dix, faisceaux : cinq sépalaires médians et cinq pétalaires médians ; sur les premiers, à leur face interne, s'insèrent les cinq faisceaux marginaux de la corolle ; sur les seconds, les faisceaux latéraux des sépales et vers l'intérieur à peu près au même niveau, les faisceaux placentaires, au nombre de dix, dans la région d'insertion. Ceux-ci se réunissent plus haut en couronne continue, au centre de laquelle se trouvent encore des faiscicules libériens. Un peu plus haut que l'insertion des faisceaux placentaires, s'insèrent sur les faisceaux, pétalaires, les cinq nervures médianes de l'ovaire. Pendant la fructification, le parenchyme très lacuneux du réceptacle floral se sclérifie dans toute sa masse ; plus haut, la sclérification se limite autour des faisceaux.

Calice. — La structure des sépales s'éloigne un peu de la structure des feuilles. Stomates plus nombreux à la face interne.

Parenchyme très lacuneux à la base, formé de cellules ellipsoïdes et de cellules rameuses, irrégulièrement distribuées dans la région moyenne, tandis qu'au sommet la structure est nettement palissadique. Le système conducteur est constitué par une nervure médiane tout à la base de laquelle s'insèrent deux nervures latérales, et par deux nervures marginales qui se réunissent dans le réceptacle floral aux faisceaux pétalaires correspondants.

Corolle. — Cellules épidermiques prolongées en papilles sur toute la surface du limbe et de la gorge, munies de replis latéraux à la face externe ; quelques poils capités courts, à cellule terminale divisée radialement. Parenchyme rameux et système conducteur comme dans *P. sinensis*.

Étamine : Structure typique (V. *P. sinensis*).

Pollen en grains ellipsoïdes à surface finement ponctuée : deux noyaux allongés en fuseau et tordus en spirale, l'un beaucoup plus riche en chromatine et plus volumineux que l'autre.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Structure typique (V. *Pr. sinensis*).

Épiderme : A la face externe, stomates abondants, orientés verticalement, volumineux par rapport aux cellules environnantes.

Nervation : cinq faisceaux collatéraux différenciés tardivement ; premiers vaisseaux formés aux dépens de cellules issues de cloisonnements tangentiels d'une cellule cambiale : bois secondaire par conséquent.

Section III. — **Euandrosace.**

A. maxima L.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire, écorce mince, exfoliée de bonne heure jusqu'à l'endoderme, qui, pour suivre l'accroissement rapide du cylindre central, divise ses cellules par un grand nombre de cloisons radiales.

Les productions libéro-ligneuses secondaires sont très hâtives et très abondantes. Péricycle unisérié d'abord, puis plurisérié, à cellules très étirées tangentiellement, munies de parois épaisses ; liber en manchon continu, riche en parenchyme collenchymatoïde entremêlé de fascicules criblés ; bois primaire formant une lame bipolaire centrale entourée par une masse cylindrique de bois secondaire formé de larges vaisseaux disséminés irrégulièrement dans une masse de parenchyme lignifié à la périphérie, cellulosique au centre.

Hypocotyle. — Dans la région inférieure : Structure identique à celle de la racine principale après exfoliation de l'écorce. Plus haut, vers l'insertion des cotylédons, la lame ligneuse primaire a disparu, il y a une moelle large. Épiderme à paroi externe très épaissie, stomates et deux formes de poils : tri-cellulaires capités et *n*-cellulaires longs à cellule terminale pointue ; parenchyme cortical formé de cellules à section arrondie plus volumineuses, au milieu que vers l'épiderme ou l'endoderme.

Tige. — La tige complètement développée est très courte, sa section est irrégulièrement circulaire et augmente de largeur de l'hypocotyle au sommet où elle se divise en un grand nombre de hampes florales.

A la base, après la chute des feuilles les plus âgées, l'écorce tombe, sauf l'endoderme qui prend de nombreuses cloisons radiales.

Péricycle unisérié à l'origine, plurisérié, collenchymatoïde très épais, passant au tissu criblé également collenchymatoïde, du type *Androsace villosa*. Bois comprenant deux zones. La zone interne, correspondant au début de la végétation, est formée de vaisseaux et de parenchyme en grande quantité, la zone externe est surtout sclérenchymateuse. A la base de la tige, la couronne libéro-ligneuse est continue ; à l'insertion des feuilles, cette couronne est découpée en bandes inégales sur lesquelles s'insèrent les traces foliaires. Au sommet, ces bandes se réunissent en groupes de sept ou huit faisceaux conducteurs définis, destinés aux hampes florales.

Feuille. — Cellules épidermiques isodiamétriques vues de face, à contours légèrement curvilignes ou en ligne brisée, ondulés, moniliformes. Stomates très nombreux à cellule annexe distincte. — Poils de deux formes, tri-cellulaires courts, très abondants et *n*-cellulaires, volumineux, acuminés, à cuticule ponctuée.

L'appareil conducteur comprend à la base trois nervures, une médiane et deux latérales, qui parcourent presque parallèlement tout le limbe, se ramifiant abondamment au sommet et se terminant en hydathode dans les dents du bord. Les deux nervures latérales émettent une nervure marginale, ce qui porte à cinq le nombre des faisceaux conducteurs principaux de la feuille. Nervure médiane : section elliptique, fibres primitives collenchymatoïdes à la face externe du liber et à la face interne du bois ; tissu criblé en croissant.

Hampe florale. — Structure typique normale. Épiderme : cellules à parois épaisses, cavité à section elliptique, stries de la cuticule longitudinales très accusées. Poils : une forme, 4-cellulaires courts à cellule terminale sphérique, parois basilaires épaisses.

Écorce mince lacuneuse, cinq assises ; nombreuses cellules tannifères.

Péricycle épais (dix assises) prosenchymateux, parois très épaissies. Faisceaux libéro-ligneux au nombre de sept.

Bractée florale. — Épiderme : A la face interne, cellules à contours rectilignes ou à peine sinueux.

Stomates nombreux sur les deux faces (environ 300 par millim.^{2}).

Poils : comme la feuille.

Mésophylle : à peine bifacial, formé presque complètement de parenchyme rameux, sauf *à la face externe* où les cellules sont un peu plus allongées normalement à la surface. — Système conducteur semblable à celui de la feuille, sans hydathodes marginales.

Pédoncule floral. — Parcours des faisceaux typique dans le réceptacle floral. Les faisceaux placentaires, en se rapprochant du centre, forment dans le pied du placenta une couronne libéro-ligneuse continue qui, plus haut, se partage en dix faisceaux divergents.

Calice. — Cellules épidermiques à contours polygonaux ou légèrement ondulés. Section rectangulaire, paroi externe très épaissie, cuticule fortement striée. Stomates, nombreux sur les deux faces, circulaires de face, parois épaisses. Poils : deux formes : 1° 4, 5-cellulaires à cellule terminale sphérique ; 2° 4, 7-cellulaires, cellules cylindriques à parois épaisses, cuticule ponctuée, cellule terminale non différenciée, à extrémité arrondie.

Mésophylle épais de la base au sommet, formé de parenchyme rameux dans la moitié inférieure, de parenchyme palissadique sur les deux faces (environ six assises de cellules) dans la moitié supérieure. Autour des faisceaux libéro-ligneux, un rang de parenchyme conducteur.

Pendant la fructification les assises sous-épidermiques s'épaississent et se lignifient fortement.

Corolle. — Épiderme : Dans le tube et à la face externe du limbe, cellules prismatiques à parois externes épaissies, cuticule fortement striée longitudinalement; à la face interne du limbe, cellules toutes prolongées en papilles coniques. Toutes les cellules épidermiques sont tannifères.

Mésophylle, très lacuneux dans toute la corolle ; cellules cylindriques allongées plus ou moins contournées dans le tube, très rameuses dans le limbe. Nervure médiane et nervures intercalaires richement ramifiées en réseau, avec extrémités libres le long des bords.

La nervure médiane s'unit au faisceau staminal beaucoup plus bas que l'insertion de l'étamine. A partir de cette jonction, elle a la structure concentrique, au-dessus elle était collatérale.

7. — CORTUSA L.

Une espèce dans les hautes montagnes de l'Europe centrale, de l'Asie septentrionale et de l'Himalaya.

C. Matthioli L.

Racine. — *Racine principale.* — Structure identique à celle des *Primula*, à racine principale fugace. Écorce très mince radialement sériée, sauf l'assise externe, lame ligneuse primaire bipolaire, séparée des îlots libériens primaires par une seule assise de fibres primitives qui se cloisonnent de bonne heure pour fournir très peu de bois et de liber secondaires.

Racines latérales. — Le parallélisme de structure se continue : Parenchyme cortical collenchymatoïde dans la zone externe, partiellement lignifié à la base. Quatre lames ligneuses primaires et quatre cordons libériens limitant une large moelle ; productions libéro-ligneuses secondaires sur les faces internes et latérales du liber primaire.

Hypocotyle. — Épiderme sans stomates avec poils, 3, 4-cellulaires du type *n*-cellulaires capités. Écorce amylifère un peu plus épaisse que celle de la radicule ; cylindre central construit comme celui de de la radicule avec productions libéro-ligneuses un peu plus abondantes.

Tige. — Couronne libéro-ligneuse continue sur toute la longueur de la tige adulte avec péricycle cellulosique, d'épaisseur variable conservant longtemps la propriété de cloisonner certaines de ses cellules internes pour donner des tubes criblés ; tissu criblé en îlots séparés par des cellules parenchymateuses ; vaisseaux ligneux en files radiales entremêlées de parenchyme abondant ; fibres primitives internes collenchymatoïdes. — Parenchyme cortical et médullaire riche en amidon, collenchymateux sous l'épiderme, parsemé de paquets de sclérenchyme ou de sclérites isolés. — Épiderme à deux formes de poils, tri-cellulaires et *n*-cellulaires terminés par une cellule sphérique sécrétrice.

Feuille. — *Pétiole.* — Dès la base, trois cordons vasculaires d'inégales dimensions disposés sur un arc à bords involutés parfois réunis en un arc continu, entourés sur leur face externe par une bande du tissu criblé en îlots ; fibres primitives externes et internes collenchymatoïdes abondantes, surtout dans la concavité formée par le bois. — Parenchyme collenchymateux sous l'épiderme, lignifié à la face externe du système conducteur dans la feuille âgée. — Épiderme à cellules prismatiques ; pas de stomates, poils des deux formes très abondants. Près du limbe, les bandes libéro-ligneuses s'étalent et se rapprochent en arc continu avant d'émettre la première nervure de deuxième ordre.

Limbe. — Cellules ondulées, plus petites dans tous les sens à la face externe qu'à la face interne. Poils des deux formes. Stomates sur la face externe seulement (fig. 63). Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques, tissu lacuneux formé de cellules très rameuses sous l'épiderme externe ; nombreuses cellules tannifères, surtout autour des nervures. Beaucoup de stomates sont placés au sommet de petites proéminences de la surface. — Nervure médiane à section passant graduellement de la forme éventail à la forme ovalaire, sans présenter de particularités de structure.

Fig. 63. — *Cortusa Matthioli*. Section transversale demi-schématique de la feuille : *st*, stomates ; *ep. i*, épiderme interne.

Hampe florale. — Structure identique à celle de *P. sinensis*.

Bractée florale. — Cellules épidermiques comme dans la feuille avec quelques stomates à la face interne. Parenchyme à peine bifacial, lacuneux sur toute l'épaisseur, ne comprenant que trois ou quatre assises de cellules très rameuses, sous l'épiderme externe. Nervure médiane ramifiée (angles très aigus), les nervures supérieures se terminant en hydathode dans les dents de la bractée.

Pédoncule floral. — Structure analogue à celle de la hampe avec dix ou douze faisceaux.

Parcours des faisceaux dans le receptacle floral identique à ce que nous avons vu dans le genre *Primula*.

Calice. — Cellules épidermiques allongées ou isodiamétriques à cuticule ornée de petites stries parallèles, très serrées et dirigées en tous sens. — Stomates circulaires très nombreux. — Poils *n*-cellulaires, à cellules basilaires beaucoup plus larges que les apicales.

Graine. — Comme *P. sinensis*.

---

8. — KAUFMANNIA Regel.

Une espèce du Turkestan.

K. Semenowi Regel.

Racine. — *Racine latérale*. — Le rhizome du *Kaufmannia* est recouvert de racines latérales ayant environ 2 millimètres de diamètre à leur insertion (fig. 64). Assise pilifère en grande partie conservée subérifiée. Parenchyme cortical homogène, membranes

légèrement épaissies, amidon abondant; assises interne et externe subérifiées — Péricycle recloisonné sur tout son pourtour, *fournissant du liber secondaire contre le liber primaire* (fig. 65). Faisceaux ligneux primaires au nombre de dix. Faisceaux libériens plus volumineux et plus externes que les précédents. — Moelle parenchymateuse amylifère.

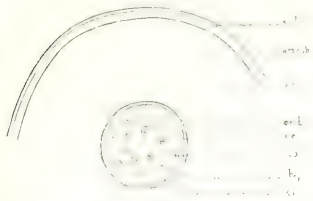


Fig. 64. — *Kaufmannia Semenowi.* Coupe transversale schématique d'une racine adventive; *ce*, cambium externe; *ci*, cambium interne.

Nous n'avons pu étudier la tige de cette plante rarissime.

Feuille. — *Pétiole.* — A la base, section demi-circulaire. Épiderme avec poils; parenchyme cortical partiellement sclérifié. — Trois bandes libéro-ligneuses arquées disposées sur trois quarts de cercle, les deux latérales plus volumineuses et plus arquées que la médiane. Fibres primitives péridesmiques internes et externes abondantes à parois cellulosiques. Tissu criblé en îlots séparés par de grandes cellules parenchymateuses tannifères. Le bois de la bande médiane ne comprend qu'un pointement ligneux primitif, les bandes latérales quatre ou cinq.

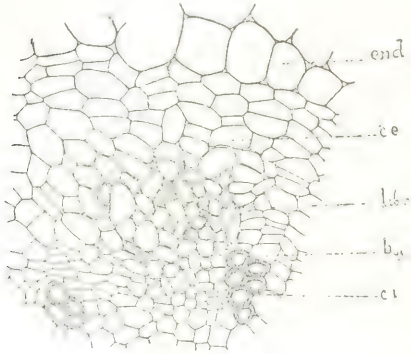


Fig. 65. — *Kaufmannia Semenowi.* Région périphérique du cylindre central montrant le cambium externe et interne.

Cette structure varie peu sur toute la longueur du pétiole : la sclérification n'existe plus au sommet, une gaine endodermique enveloppe tout le système conducteur dont les lames libéro-ligneuses rapprochées sont disposées sur un arc beaucoup plus ouvert.

Limbe. — Cellules épidermiques ondulées. Poils courts tri-cellulaires et poils *n*-cellulaires ; sur la face externe stomates très abondants. — Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques et environ cinq assises de cellules rameuses sous l'épiderme externe. Nervation comme *P. sinensis*. Faisceau médian à section transversale demi-circulaire vers le milieu de la feuille, vaisseaux du bois en files radiales entremêlées de parenchyme conducteur, les autres éléments comme dans le pétiole.

Hampe florale. — Comme *P. sinensis*.

Graine. — Sructure typique. Cellules superficielles du tégument externe très volumineuses. La largeur des cellules en section atteint 175 μ.

On voit par cette description que *Cortusa Matthioli* et *Kaufmannia Semonowii* ont une structure tout à fait semblable, les différences qui les séparent étant du domaine des variations individuelles que peuvent présenter des plantes de même espèce. Les caractères morphologiques qui séparent ces deux genres du genre *Primula* (*P. sinensis*), sont de faible importance : les filets staminaux y sont insérés tout à fait à la base du tube de la corolle, tandis que les Primevères ont leurs étamines insérées beaucoup plus haut.

9. — ARDISIANDRA Hook.

Une espèce du Kameroun et de Fernando-Po.

A. sibthorpioides Hook.

Nous n'avons pu étudier que la feuille de cette plante rarissime.

Feuille. — Trace foliaire du pétiole unifasciculée ayant la même composition que dans *P. sinensis*.

Limbe. — Cellules épidermiques ondulées. Stomates et poils capités des deux formes sur la surface externe comme *P. sinensis*.

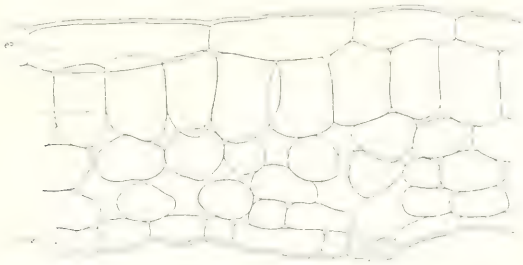


Fig. 66. — *Ardisiandra sibthorpioides*. Coupe transversale du limbe foliaire; *ep. i*, épiderme interne; *ep. e*, épiderme externe.

Mésophylle bifacial très mince : une assise de cellules palissadiques larges, deux assises de cellules rameuses (fig. 66).

10. — SOLDANELLA L.

Quatre espèces critiques que l'on peut ramener à une seule.

S. alpina L.

Racine latérale. — Écorce épaisse. Cylindre central à quatre lames ligneuses primaires; productions secondaires réduites. Assise pilifère tardivement lignifiée, assise subéreuse à membranes épaissies, parenchyme cortical bourré d'amidon. Faisceaux ligneux et libériens primaires ne comprenant qu'un petit nombre d'éléments; bois et liber secondaires développés à la face interne du liber primaire et dans les rayons.

Radicelles. — Structure binaire, lame ligneuse primaire bipolaire (fig. 67).

Tige. — *Rhizome.* — La portion de tige qui émerge du sol est très courte; cet organe est presque entièrement rhizomateux, il est

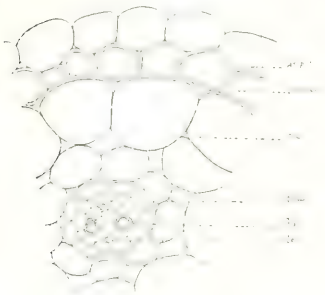


Fig. 67. — *Soldanella alpina* L. Coupe transversale d'une radicelle : *as. pi*, assise pilifère; *as. tub*, assise subéreuse; *pc*, parenchyme cortical; *end*, endoderme; *v*, vaisseau; *tc*, tissu criblé.

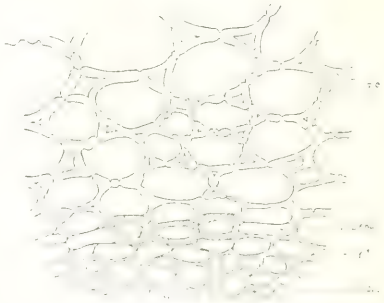


Fig. 68. — *Soldanella alpina* L. Tige : coupe transversale dans la région interne de l'écorce; *pc*, parenchyme cortical épaissi.

court, peu ramifié et présente parfois un aspect moniliforme avec des portions étroites et d'autres plus épaissies.

Épiderme sans stomates; quelques poils courts tri-cellulaires. Parenchyme cortical épais à parois épaissies, amylifère (fig. 78), endoderme à parois épaissies et lamelle moyenne subérifiée. — Système conducteur en couronne continue : péricycle mince, cellulosique; tissu criblé formé de trois petits îlots séparés par de larges cellules parenchymateuses; cambium continu; bois beaucoup plus épais que le liber, parenchymateux dans la région interne. — Moelle parenchymateuse renfermant des îlots de sclérenchyme.

Dans les régions épaissies de la tige, le système conducteur est plus développé, par suite de l'insertion des racines latérales, loca-

lisées en ces points ; le parenchyme médullaire est plus riche en sclérenchyme.

Tige, sous l'insertion de la hampe florale. — Mêmes régions que dans le rhizome ; épiderme sans stomates avec poils courts d'autant plus nombreux qu'on s'approche du sommet de la tige. — Écorce très épaisse collenchymateuse sous l'épiderme, sériée radialement dans la région interne, riche en amidon ; endoderme subérifié normal. — Péricycle cellulosique comprenant de une à trois assises de cellules, tissu criblé en îlots plus volumineux que dans le rhizome. Bois souvent interrompu et d'épaisseur variable, riche en parenchyme dans les régions jeunes. — Moelle purement parenchymateuse au sommet, développant graduellement des sclérites épars d'abord, formant plus bas un paquet sclérenchymateux central.

Feuille. — *Pétiole.* — Au milieu, section circulaire légèrement aplatie dans le plan du limbe, prolongements aliformes rudimentaires.

Épiderme parsemé irrégulièrement de stomates et de poils courts capités. Parenchyme collenchymatoïde sous l'épiderme ; endoderme subérifié normal. — Système conducteur *concentrique.* A la périphérie, deux assises de fibres primitives cellulosiques ; tissu criblé enveloppant complètement le bois, compact de vaisseaux formés sous le liber, puis, entremêlés de parenchyme conducteur et plus ou moins écrasés.

Au sommet, l'aplatissement de la face interne s'accuse, et les deux ailes se continuent avec le limbe. De chaque côté du système libéro-ligneux, se détache un faisceau à liber en fer à cheval.

Limbe. — Cellules épidermiques à contours légèrement sinueux plus petites à la face externe qu'à la face opposée. Poils d'une seule forme, courts, sur les deux faces. Stomates très nombreux sur la face externe seulement. — Mésophylle bifacial ; tissu palissadique épais comprenant ordinairement trois assises de cellules longues à chloroplastes volumineux ; cellules du parenchyme lacuneux très rameuses et allongées tangentiellement. A la base du limbe, en regard de la nervure médiane, le parenchyme est prismatique ; au sommet du limbe, le parenchyme lacuneux devient plus compact. — Nervure médiane à section encore circulaire vers le milieu du limbe ; le liber est en croissant embrassant fortement le bois composé de files radiales de vaisseaux et de parenchyme conducteur. A leur extrémité, les nervures principales se renflent et s'étalent, le liber y entourant complètement le bois.

Hampe florale. — Structure normale. Cellules épidermiques à parois très épaisses. Stomates et poils. Parenchyme cortical chloro-

phyllien très lacuneux et tannifère, collenchymatoïde sous l'épiderme, prismatique vers l'intérieur, endoderme présentant une tendance à la lignification. — Péricycle lignifié épais. Faisceaux libéro-ligneux inégaux en nombre variable (14 ..... 22) à liber étalé latéralement. — Parenchyme médullaire, se lignifiant tardivement à la périphérie et dans les rayons au contact du péricycle, de manière à envelopper d'une gaine sclérifiée les faisceaux libéro-ligneux.

Bractée florale. — Cellules épidermiques légèrement ondulées, stomates peu abondants. Poils courts distribués sur toute la surface : Parenchyme cylindrique : autour de la nervure médiane, endoderme subérifié : Nervure médiane à section elliptique : une assise de fibres péridermiques : assise génératrice active au moment de l'anthèse, fournissant surtout du bois formé d'un petit nombre de vaisseaux sériés radialement.

Pédoncule floral. — Structure formant le passage entre le type Primula et le type Lysimachia, les faisceaux libéro-ligneux étant tantôt distincts, tantôt confluents en arcs plus ou moins étendus. Même histologie que la hampe. Faisceaux libéro-ligneux en nombre variable ; bois à vaisseaux fort peu nombreux, les premiers formés, écrasés de bonne heure au milieu d'abondantes fibres primitives internes.

Calice. — Épiderme à cellules allongées pourvues de parois radiales rectilignes; stomates abondants et poils tri-cellulaires courts. Mésophylle lacuneux, formé de cellules à section arrondie, lacunes longitudinales en fuseau; chloroplastes très abondants. Nervure médiane à section presque circulaire jusque vers le milieu du limbe; terminaison en hydathode au sommet.

Corolle. — Cellules épidermiques à parois ondulées au-dessus de l'insertion des étamines; papilles coniques; poils capités courts en petit nombre. Mésophylle assez épais à la base et dans la région des nervures (sept à neuf assises).

Dans ces régions, les cellules sont cylindriques sous l'épiderme, rameuses et très allongées au milieu. En dehors des nervures et dans la région du limbe, les cellules sont rameuses dans le plan du limbe.

Le système conducteur est identique à celui des Primevères; les staminodes ne reçoivent pas de faisceau libéro-ligneux.

Étamine. — Le filet présente sur sa face externe des proéminences constituées par un parenchyme très lacuneux. La section transversale est elliptique et un peu aplatie du côté interne. Tout le reste comme dans les Primevères.

Pistil. — Paroi ovarienne : cellules épidermiques externes poly-

gonales de face, peu allongées, stomates nombreux. Cellules épidermiques internes étroites et allongées. Parenchyme très riche en protoplasme dans la moitié externe, à cellules aplaties tangentiellement dans la zone interne. Dix faisceaux libéro-ligneux et leurs ramifications. Style à structure normale.

Faisceaux placentaires concentriques au nombre de cinq à huit dans le pédicelle, se ramifiant en gerbe dans toute la masse ovulifère formée par un parenchyme amylifère à noyaux volumineux se prolongeant dans le canal stylaire au tiers de sa hauteur.

Nous avons étudié la structure des trois autres espèces de *Soldanella* : *S. montana* L., *S. minima* Hoppe, *S. publa* Baumg. ; aucune différence anatomique n'est appréciable. Au point de vue morphologique, l'examen d'un grand nombre d'individus de ces différentes espèces nous permet d'affirmer que ces espèces sont insuffisamment définies, qu'elles sont plutôt des variétés d'une espèce unique, *S. Alpina* L.

---

11. — POMATOSACE Maxim.

Une seule espèce des prairies alpines de la province de *Kan-Su* (Chine).

P. Filicula Maxim.

Racine latérale. — A l'état adulte, sauf l'endoderme, l'écorce tout entière est exfoliée. Péricycle recloisonné tangentiellement, de manière à donner un parenchyme secondaire sérié radialement. Bois primaire formant une lame losangique bipolaire centrale, entourée par une double couronne épaisse de productions libéro-ligneuses secondaires. Tissu criblé et bois secondaires deux massifs de chaque côté de la lame ligneuse ; en face des pointements ligneux, parenchyme secondaire radialement sérié.

(Nous n'avons pu étudier la racine principale ni la tige de cette espèce rarissime).

Feuille. — Cellules épidermiques à contours fortement sinueux, sauf au-dessus des nervures où ils sont rectilignes (fig. 69) ; stomates abondants sur les deux faces ; deux formes de poils : entre les nervures, poils courts, capités, au-dessus des nervures, poils très longs, capités. — Mésophylle nettement bifacial : vers la face interne, deux assises de tissu palissadique, longues et compactes occupant le tiers de l'épaisseur de la feuille, vers la face externe, du parenchyme plus lacuneux à mesure qu'on approche de l'épiderme externe. Dans la région de la nervure médiane, parenchyme prismatique sérié radia-

lement sous la nervure médiane, autour de laquelle il forme un endoderme normal subérifié. Nervure médiane à section presque circulaire à la base, devenant ovalaire vers le sommet. A la périphérie, du côté interne et du côté externe, plusieurs assises de fibres primitives collenchymatoïdes; tissu criblé à section en croissant, d'aspect collenchymatoïde; bois à section elliptique, vaisseaux com-

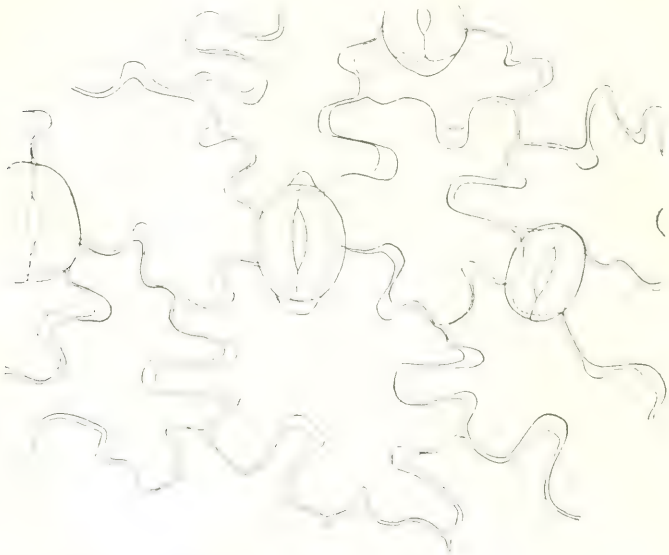


Fig. 69. — *Pomatosace Filicula.* Épiderme externe de la feuille vu de face (gr. = 400).

pacts formant un ensemble en fer à cheval entourant une masse interne formée de vaisseaux et de fibres primitives entremêlées.

Hampe florale. — Structure normale. Épiderme avec poils courts et quelques stomates. — Parenchyme cortical chlorophyllien sérié radialement dans la zone interne. Péricycle à plusieurs assises de fibres primitives cellulosiques. Faisceaux libéro-ligneux distincts au nombre de neuf disposés sur un cercle, à section inégale, ovalaire, allongée radialement ; tissu criblé collenchymateux, en croissant, séparé du bois par plusieurs assises de cellules cambiales; bois sérié radialement.

Bractée florale. — Épiderme à cellules ondulées, stomates nombreux sur les deux faces et poils des deux formes déjà citées. Mésophylle bifacial; tissu palissadique comprenant tantôt une, tantôt deux assises palissadiques, longues et lâchement unies; tissu lacuneux de même épaisseur que le tissu précédent, à cellules rameuses

dans le sens tangentiel. Nervure médiane à section flabelliforme à la base, ovalaire vers le milieu et le sommet; fibres primitives entourant toute la nervure sur assise seulement; tissu criblé primaire très mince ne comprenant qu'une rangée de petits groupes d'éléments criblés; tissu criblé secondaire abondant, plus ou moins sérié radialement.

Calice. — Structure nettement bifaciale. Épiderme : cellules polygonales de face, à contours rectilignes, cuticule à stries très marquées, sinueuses, interrompues; parois externes épaissies. Poils et stomates comme dans la feuille, presque toutes les cellules sont tannifères. Mésophylle plus épais au sommet qu'à la base. A la face interne, en général deux assises de cellules palissadiques bien serrées, puis un tissu parenchymateux prismatique à la base du calice, devenant lacuneux et plus épais vers le sommet. Chloropastes très abondants dans toutes les cellules.

Corolle. — Forme semblable à celle des Androsace.

Épiderme : cellules prismatiques à contours rectilignes, prolongées en papilles dans la gorge et à la face interne du limbe. Cuticule fortement striée à la face externe du limbe. Mésophylle formé de cellules parenchymateuses, allongées verticalement à la base et disposées sur trois rangs environ, devenant rameuses dans le limbe.

Dans l'anthère, sous l'épiderme, une assise de cellules à épaississements très marqués en U.

Pollen : grains elliptiques de face, à trois plis ayant chacun un pore à leur milieu. En section transversale, ces grains donnent un triangle équilatéral curviligne, les pores correspondant au sommet.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme externe : Cellules prismatiques polygonales de face, tabulaires, paroi externe très épaisse; cuticule à stries sinueuses interrompues. Stomates nombreux, elliptiques ou hexagonaux, entourés par quatre ou cinq cellules. Pendant la fructification toutes les parois s'épaississent et se lignifient fortement. Mésophylle plus mince à la base qu'au sommet. Cellules prismatiques allongées disposées sur trois assises environ, puis cellules polyédriques suivant quatre ou cinq assises.

Ovule. — Structure identique à l'ovule des *Primula* et *Androsace.*

En comparant les résultats de l'étude anatomique et morphologique du *Pomatosace Filicula* avec les résultats obtenus par l'étude du *P. rotundifolia* Franchet ou mieux encore par l'étude des *Androsace* de la section Pseudo-Primula, on est obligé de reconnaître des affinités très étroites. La structure du système conducteur du pétiole et du limbe, de la feuille, la forme des cellules épidermiques, la distribution et la forme des poils et des stomates sont

semblables de part et d'autre. La morphologie florale vient corroborer cette manière de voir. Une coupe longitudinale de la fleur de *Pomatosace Filicula* est tout à fait semblable à une coupe longitudinale d'une fleur d'*Androsace maxima* ou d'*Arotundifolio*. La forme de la feuille rappelle celle d'*Hottonia palustris*. La plante a pu vivre dans l'eau autrefois et être redevable à ce milieu de cette forme de la feuille.

En résumé, *P. Filicula* est voisin des *Primula* et *Androsace* et sert à relier les *Primulæ-Soldanellinæ*, de Pax aux Primulæ du même auteur.

---

12. — BRYOCARPUM Hook et Thoms.

Une espèce, endémique au Sikkim (Himalaya).

B. himalaicum Hook et Thoms.

Racine. — *Racine latérale.* — Structure normale. Écorce amylifère; quatre faisceaux ligneux primaires. A la face interne du liber primaire, développement de faisceaux libéro-ligneux secondaires, moelle parenchymateuse homogène.

Tige. — La tige de Bryocarpum hymalaicum appartient au *type polystélique de M. Van Tieghem*, à stèles plus ou moins fusionnées et possédant, en outre, sur leurs faces externes, dans leur région péricyclique, un système libéro-ligneux surnuméraire dans les points où s'insèrent des racines latérales (fig. 70).

Épiderme persistant malgré le diamètre croissant de la tige, avec poils capités courts et stomates. Parenchyme fondamental amylifère homogène de la périphérie au centre, donnant autour de chaque colonne libéro-ligneuse un endoderme subérifié normal.

Feuille. — La tige porte deux formes de feuilles : 1° celles qui sont réduites à une lame élargie et entourent la base de la tige; 2° les feuilles normales à limbe ovale, portées par un pétiole très élargi à son insertion.

Feuille normale. — Pétiole. — Épiderme à cellules prismatiques et poils capités courts. Parenchyme prismatique à cellules très volumineuses. Système conducteur à *section circulaire*, formé par une *couronne libéro-ligneuse* à symétrie bilatérale peu ou point accusée entourant un parenchyme central homogène.

Limbe. — Cellules épidermiques polygonales et isodiamétriques vues de face, stomates et poils capités courts très abondants sur les deux faces. — Mésophylle bifacial épais, à tissu lacuneux particu-

lièrement développé ; une assise de cellules palissadiques ; cellules rameuses laissant entre elles des lacunes volumineuses. — Nervure médiane : vers le milieu, section encore circulaire à liber enveloppant en partie le bois, une assise de fibres primitives externes, tissu criblé abondant à section en large croissant, bois formé de files radiales de vaisseaux entremêlés de parenchyme.

Feuilles basilaires. — Section plan-convexe très aplatie. Épi-

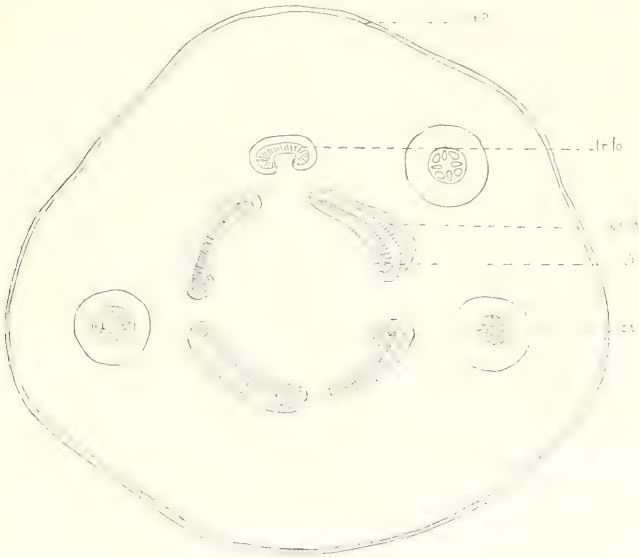


Fig. 70. — *Bryocarpum himalaicum.* Tige : coupe transversale schématique : *ép*, épiderme ; *tr.fo*, trace foliaire ; *r. rad*, réseau radicifère ; *lb*, lame libéro-ligneuse normale recourbée ; *ra*, racine latérale.

derme et mésophylle comme dans le pétiole ; nervures comme dans le limbe de la feuille.

Hampe florale. — Structure normale avec réduction considérable de l'écorce, tandis qu'au contraire le péricycle et la moelle sont très épais. Épiderme à stomates volumineux et abondants ainsi que les poils. — Parenchyme cortical collenchymateux, mince; péricycle épais à cellules lignifiées de large diamètre; environ quinze faisceaux libéro-ligneux distants et peu volumineux. Liber étalé en arc dépassant le bois latéralement, petit nombre de vaisseaux à large diamètre. Moelle parenchymateuse homogène.

Ovules très nombreux attachés au placenta par un court funicule inséré vers leur milieu, présentant une tendance à la campylotropie. Structure typique normale avec deux téguments bi et trisériés

Graine. — Tégument interne : deux assises de cellules, l'externe non prolongée en papilles, l'interne oxalifère à parois épaissies; tégument externe : trois assises de cellules aplaties.

Albumen. — Cellules polyédriques, en grande partie allongées radialement, comme pour mieux conduire vers l'embryon les substances de réserve, autour de l'embryon, cellules complètement vidées et écrasées.

Embryon constitué par les deux cotylédons étroitement appliqués l'un contre l'autre par un axe hypocotyle terminé par un sommet végétatif de racine. L'écorce de l'hypocotyle est divisée en deux zones, l'externe comprenant des cellules en séries concentriques, l'interne des cellules en séries radiales et concentriques. Le cylindre central est formé par un cylindre de méristème vasculaire dont le cloisonnement est plus actif au centre qu'à la périphérie. Bien avant la séparation des cotylédons, ce cylindre vasculaire se dédouble en deux lames plan-convexes qui se continuent dans les cotylédons.

L'anatomie de la feuille, de la hampe florale, du pédoncule et des différentes parties de la fleur et du fruit sont en accord parfait avec les caractères morphologiques en ce qui concerne les affinités du *G. Bryocarpum* avec le *G. Soldanella*. Les résultats fournis par l'anatomie de la tige sont insuffisants à cet égard.

---

13. — HOTTONIA L.

Deux espèces : *H. palustris* L. dans les fossés et les cours d'eau lents de l'Europe et de la Sibérie occidentale, *H. inflata* Ell. dans la région atlantique de l'Amérique du Nord.

H. palustris L.

Racine. — *Racine latérale.* — Structure primaire normale avec trois à six faisceaux ligneux et libériens, suivant le diamètre.

Assise pilifère subérifiée. Écorce épaisse à cellules toutes sériées radialement, sauf celles de l'assise externe; parois très minces.

Cylindre central sans moelle dans les racines tripolaires ($D = 0^{mm}7$), sans productions libéro-ligneuses secondaires.

Tige. — La vie aquatique modifie profondément la structure de la tige, surtout quant à l'appareil conducteur, dans lequel le nombre des vaisseaux est extrêmement réduit et le parenchyme vasculaire non lignifié.

Épiderme à cellules prismatiques entremêlées de très nombreux poils courts capités. Parenchyme cortical compact dans la région

externe, creusé dans la région moyenne de nombreuses lacunes allongées verticalement en fuseau, et de nouveau compact et sérié

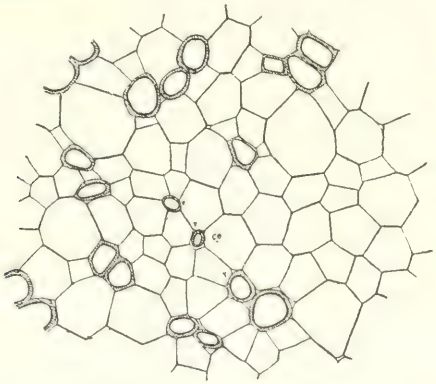


Fig. 71. — *Hottonia palustris.* Coupe transversale de la région centrale d'une tige submergée jeune : *ce*, centre de la tige ; *vv*, vaisseaux (gr = 400).

radialement dans la région interne ; pas d'endoderme différencié. — On doit considérer le cylindre central tout entier comme formant le système conducteur : Péricycle mince et cellulosique ; liber en couronne continue d'îlots disséminés au milieu du parenchyme libérien. Bois : à la périphérie, couronne compacte de larges vaisseaux limitant un cylindre parenchymateux *parsemé de vaisseaux primitifs plus ou moins écrasés* (fig. 71).

Ce que nous venons de dire a trait à la portion de tige dressée dans l'eau. Dans la partie enfouie dans la vase, le système vasculaire est plus riche en vaisseaux dont l'*ensemble remplit presque complètement la région centrale médullaire.*

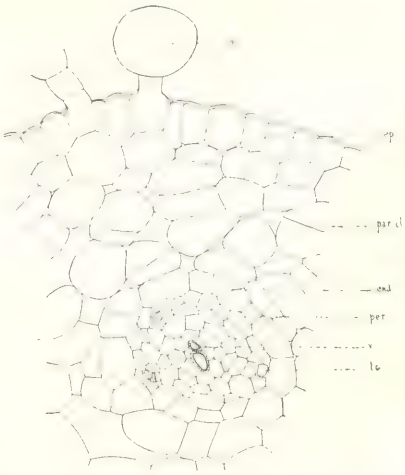


Fig. 72. — *Hottonia palustris.* Coupe transversale d'une tige encore enfermée dans le bourgeon axillaire ; *v*, vaisseaux développés au centre du cylindre central (gr. = 400).

Dans les bourgeons axillaires on voit parfaitement le bois se développer à partir du centre du cylindre central (fig. 72).

Feuille. — Épiderme : dans la région de la nervure médiane, cellules pérismatiques, dans la région des lobes, cellules allongées à contours légèrement sinueux, parsemées de stomates très nombreux et de poils courts peu nombreux. Mésophylle : de chaque côté de la nervure médiane, une grande lacune en fuseau entourée de parenchyme prismatique ; dans les lobes, parenchyme bifacial comprenant une assise de cellules légèrement palissadiques et deux assises de cellules tabulaires. Nervure médiane : section en fer à cheval à la base, le liber embrassant latéralement le bois ; fibres péridesmiques externes cellulosiques ; sur une assise, tissu criblé formé d'un arc d'îlots criblés, séparés par du parenchyme libérien ; bois formé par une lame tangentielle de vaisseaux à large diamètre.

Hampe florale. — Sous l'insertion des premières fleurs, la hampe florale présente la même structure que toutes les hampes examinées précédemment. Épiderme à cellules prismatiques biseautées, avec stomates et poils des deux formes observées dans le *G. Primula*, poils capités longs et courts. Parenchyme cortical prismatique, à endoderme partiellement lignifié. Péricycle mince et cellulosique ; faisceaux libéro-ligneux au nombre de quinze à vingt, tissu criblé compact, bois composé de vaisseaux et de parenchyme médullaire prismatique.

Bractée florale. — Épiderme semblable sur les deux faces ; cellules prismatiques à la base et vers la nervure médiane, à parois courbes ou légèrement sinueuses vers le sommet : stomates circulaires, poils courts plus nombreux à la face interne. — Mésophylle prismatique homogène. Appareil conducteur très réduit, à éléments libériens et ligneux identiques à ceux de la hampe.

Pédoncule floral. — Type de structure caractérisé par l'*interruption du péricycle entre les faisceaux*, fait unique dans la famille des Primulacées. Cette interruption est un argument de plus pour considérer le péricycle de ces plantes comme appartenant au système conducteur et non au parenchyme conjonctif du cylindre central.

Cellules épidermiques, stomates et poils identiques à ceux de la hampe florale, les poils nombreux, surtout à la base de la fleur. — Parenchyme cortical prismatique, amylifère. — Péricycle discontinu, mince, interrompu entre les faisceaux libéro-ligneux au nombre de sept ou huit. — Parenchyme médullaire prismatique creusé d'une lacune circulaire axile bien délimitée.

Le parenchyme cortical passe directement au parenchyme médullaire et sans qu'il y ait la moindre limite dans la région péricyclique. Ce fait met en doute l'autonomie du cylindre central.

Calice. — Cellules épidermiques rectangulaires de face, à contours légèrement ondulés. Poils et stomates sur les deux faces et très nombreux. — Parenchyme prismatique à cellules inégales à la base, devenant tabulaires et très allongées vers le sommet. Une nervure médiane et deux nervures marginales qui se ramifient faiblement dans le tiers supérieur du limbe.

Corolle. — Cellules épidermiques rectilignes à la base des pétales, devenant ondulées dans la partie libre des pétales ; stomates très nombreux sur les deux faces, poils abondants à la face interne vers la base, et à la face externe dans la région supérieure.

Pollen en grains ellipsoïdes (A = 32 μ ; a = 18 μ).

Pistil. — *Paroi ovarienne.* — Même structure que *Primula sinensis*. Épiderme interne lignifié et épaissi au moment de la fructification. Parenchyme comprenant environ cinq assises de cellules.

Graine bitégumentée. Tégument externe : assise superficielle prolongée en papilles, assise sous-jacente à parois épaissies, chaque cellule renfermant plusieurs petits cristaux d'oxalate de calcium. Albumen oléagineux à cellules isodiamétriques à parois très minces.

Embryon relativement volumineux par rapport à la graine, hypocotyle cylindrique, cotylédons courts à structure normale ; *cylindre central très étroit*, fait en corrélation avec l'absence de moelle proprement dite dans la tige.

Dans l'étude des genres *Pomatosace, Soldanella* et *Bryocarpum*, nous avons vu l'importance qu'il faut accorder en systématique à l'anatomie de la feuille des tiges florales et des différentes pièces de la fleur. La même remarque s'impose au sujet d'Hottonia *palustris* L. Le genre *Hottonia* constitue à lui seul une tribu spéciale pour beaucoup de morphologistes ; mais si l'on tient compte de l'influence du milieu aquatique, il devient tout à fait nécessaire de rapprocher le genre *Hottonia* du genre *Primula* et peut-être même d'en faire une espèce de ce genre : *Primula palustris*. Baillon était arrivé à cette conclusion, mais il n'a pas été suivi (1).

---

14. — SAMOLUS L.

Huit espèces. *S. Valerandi* L. ubiquiste, les autres sur les côtes de l'hémisphère sud, deux s'élevant jusque dans le sud des États-Unis.

(1) Baillon, 1892, *Histoire des plantes*, t. XV, p. 318.

S. Valerandi L.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire typique. *Racine latérale.* — Structure primaire normale à trois ou quatre lames ligneuses se rejoignant au centre et liber très réduit; vaisseaux secondaires formant, avec le bois primaire, un massif central cylindrique entouré par une couronne mince de tissu criblé secondaire, interrompu devant les lames ligneuses primaires où le péricycle s'est cloisonné plusieurs fois dans le sens tangentiel.

Tige. — *Hypocotyle.* — Cylindre central identique à celui de la racine principale et dans son prolongement direct. Parenchyme cortical légèrement chlorophyllien.

Tige. — La section transversale d'un entre-nœud quelconque est circulaire et ne présente aucune variation notable sur toute la longueur de la tige, sauf en ce qui concerne l'épaisseur des différentes régions et la lignification du péricyle et du bois de moins en moins accusée de la base au sommet.

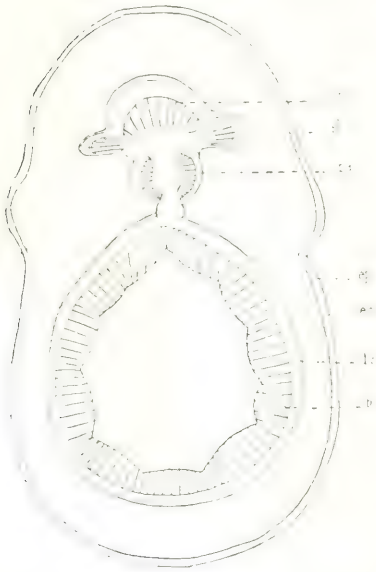


Fig. 73. — *Samolus Valerandi* L. — Coupe transversale schématique de la tige dans une région nodale : *nm*, nervure médiane; *nl*, nervures latérales; *ra*, rameau axillaire; *ep*, épiderme; *ze*, écorce; *ac*, appareil criblé; *b*, bois.

Cellules épidermiques prismatiques, stomates très abondants. Poils courts, enfoncés, à extrémité libre discoïde. Parenchyme cortical cylindrique dans la zone externe, prismatique vers l'endoderme, subérifié d'abord, puis épaissi et même lignifié dans les régions âgées ; chloroplastes très abondants dans la zone périphérique. Péricycle lignifié et épais, sauf au sommet de la tige où il est mince et cellulosique; tissu criblé en îlots séparés par des cellules de parenchyme; bois en couronne continue comme le tissu criblé à pointements ligneux primitifs bien définis; vaisseaux en files radiales régulières séparées par des files de parenchyme lignifié. Au sommet, la couronne libéro-ligneuse se sépare en faisceaux distincts représentant autant de

traces foliaires. — Parenchyme central prismatique et homogène.

Aux nœuds la trace foliaire émet, dès son insertion sur le système conducteur de la tige, deux rameaux latéraux (fig. 73).

Il est à remarquer que fréquemment, les faisceaux ligneux du sommet ne sont pas en face des faisceaux libériens et que nous n'avons pas là des faisceaux libéro-ligneux bien définis (fig. 74).

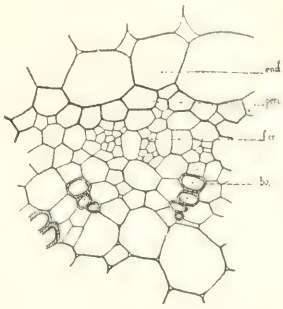


Fig. 74. — *Samolus Valerandi* L. — Tige : section transversale dans la région du sommet; *end*, endoderme; *peri*, péricycle; *f. cr*, fascicules de tissu criblé; *bo*, bois primitif (gr. = 400).

Feuille. — *Cotylédon.* — Pétiole comme celui de *P. sinensis.* — *Limbe.* — Cellules épidermiques ondulées avec poils et stomates sur les deux faces, mais plus nombreux sur la face externe dont les cellules ont également des contours plus ondulés. Mésophylle presque homogène ; sous l'épiderme interne, tendance à la différenciation palissadique; parenchyme légèrement lacuneux sous l'épiderme externe.

Feuille. — *Pétiole* : section biconvexe prolongée latéralement en deux ailes courtes. Cellules épidermiques prismatiques à extrémité en biseau, stomates et poils courts abondants sur les deux faces. — Parenchyme abondant, chlorophyllien sous l'épiderme formé de cellules à section arrondie ; gaine endodermique autour de chaque faisceau. — Arc libéro-ligneux au milieu du parenchyme, à section semi-circulaire ; très bas, s'insèrent deux petites nervures secondaires. Liber comprenant une assise de fibres primitives externes cellulosiques et un arc de tissu criblé en îlots enveloppant le bois formé de lames radiales de vaisseaux, séparées par des lames de parenchyme conducteur ; fibres primitives internes abondantes.

Limbe. — Cellules épidermiques légèrement ondulées disposées radialement autour des poils enfoncés; stomates très nombreux. — Mésophylle: Autour de la nervure médiane également distante des deux épidermes, parenchyme prismatique homogène peu chlorophyllien ; entre les nervures principales, mésophylle bifacial composé d'une assise de cellules palissadiques inégales et lâchement unies, et de quatre assises environ de cellules rameuses ; cellules tannifères abondantes dans tout le mésophylle. — Nervure médiane présentant vers le milieu de la feuille la même constitution que dans le pétiole.

Pédoncule floral. — Structure du type *Lysimachia* identique au-

dessus et au-dessous de la bractée florale qui est insérée sur le pédoncule floral vers son milieu. Épiderme avec stomates et poils. Parenchyme cortical chlorophyllien homogène, péricycle sclérenchymateux, couronne libéro-ligneuse se partageant en dix faisceaux libéro-ligneux à la base de la fleur. De ces dix faisceaux, cinq se prolongent dans les pétales, y formant leur nervure médiane; les cinq autres se dédoublent au niveau de l'insertion de la corolle pour former les cinq pétalaires médians, et cinq faisceaux ovariens qui se prolongeront dans le style.

Bractée florale. — Cellules isodiamétriques ou allongées à contours rectilignes ou légèrement ondulés; stomates et poils abondants sur les deux faces. — Mésophylle homogène, parenchyme prismatique, chlorophyllien. Nervure médiane semblable à celle de la feuille végétative.

Calice. — Épiderme comme dans la bractée florale. — Mésophylle beaucoup plus lacuneux. — Nervure médiane à section ovalaire, nervures marginales très réduites.

Corolle. — Cellules prismatiques à contours rectilignes dans la portion gamopétale, à contours sinueux dans la partie libre où toutes sont prolongées en papilles à la face interne.

Parenchyme lacuneux plus mince (deux assises), entre les nervures qu'autour de celles-ci.

Nervures médianes concentriques sous l'insertion des étamines devenant collatérales au-dessus; nervures marginales collatérales dès la base.

Étamine. — *Filet.* — Cellules épidermiques prismatiques, ainsi que celles du parenchyme sous-jacent entourant un faisceau concentrique.

Anthère. — Cellules épidermiques ondulées. — Parenchyme mécanique à épaississements en U soudés par leurs courbures dans chaque cellule et localisés dans la région latérale de l'anthère, de chaque côté de la ligne de déhiscence; ailleurs, autour des sacs polliniques, épaississements spiralés, le reste du parenchyme connectif est riche en amidon sous forme de grains composés.

Dans l'anthère jeune, on distingue sous l'assise mécanique et autour des sacs polliniques, une assise nourricière qui difflue après la division des cellules-mères du grain de pollen. Celles-ci naissent du cloisonnement d'une file verticale de cellules que l'on distingue dans l'anthère en voie de formation par leur volume et leur contenu protoplasmique très dense.

Pollen. — Grains ellipsoïdes renflés au milieu, à membrane externe ponctuée; trois plis, munis d'un pore en leur milieu (fig. 24).

Pistil. — *Paroi ovarienne.* — Cellules épidermiques allongées, prismatiques, plus étroites à la face interne qu'à la face externe.

Mésophylle : sous l'insertion du périanthe, parenchyme chlorophyllien légèrement lacuneux bifacial : une assise de cellules palissadiques sous l'épiderme externe et généralement trois assises de cellules rameuses aplaties vers la face interne. Au-dessus de l'insertion du périanthe, bourrelet circulaire de parenchyme polyédrique. Dix faisceaux conducteurs à orientation indéterminée et liber enveloppant presque complètement le bois.

A l'époque de la maturité des graines, tout l'épiderme est lignifié, de même une partie du parenchyme de la région supérieure, d'abord sous l'épiderme externe, suivant une assise de cellules, puis deux, puis trois; à la base du style, toute l'épaisseur de la paroi est également lignifiée.

Style. — Structure normale. Épidermes à cellules prismatiques, celles qui limitent la partie supérieure du canal prolongées en papilles. — Parenchyme externe mince chlorophyllien, parenchyme interne riche en protoplasme. — Cinq faisceaux collatéraux, prolongement des cinq nervures médianes.

Placenta. — Parenchyme prismatique régulier, dans le pédicelle, devenant plus ou moins cylindrique dans la région ovulifère, où il est chlorophyllien à la périphérie ; cellules épidermiques légèrement papilleuses. — Sept cordons libéro-ligneux concentriques à section inégale, quelques-uns d'entre eux provenant de la fusion de plusieurs faisceaux dans le réceptacle floral. — Pendant la fructification, les cellules du parenchyme augmentent considérablement de volume.

Ovule. — Tégument externe à deux assises de cellules tabulaires, l'externe tannifère ne recouvrant pas le sommet de l'ovule. Tégument interne à trois assises de cellules, celles de l'assise interne très allongées radialement, épaissies sur la face en contact avec le nucelle. Nucelle réduit au moment de la fécondation au sac embryonnaire.

Graine. — Structure typique ; tégument externe : l'assise superficielle formée de cellules tabulaires non papilleuses, l'assise sous-jacente oxalifère, chaque cellule renfermant plusieurs cristaux d'oxalate de calcium de dimensions et de formes très différentes, ces deux assises constituent le tégument externe ; tégument interne : trois assises de cellules, les deux externes tout à fait écrasées, la troisième formée de cellules tabulaires.

Le port des Samolus, leur mode de vie, les caractères morphologiques, sauf l'inferovarie, les caractères anatomiques et surtout ceux

tirés de la feuille et de la fleur, rapprochent ces plantes des *Lysimachioïdées*, tout en continuant de former une tribu distincte.

---

15. — LUBINIA L.

Quatre espèces groupées en deux sections.

Le genre *Lubinia* est très homogène. On le réunit fréquemment au genre Lysimachia.

Section I. — **Eulubinia**

L. spathulata Vent.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire typique à cylindre central étroit; lame ligneuse bipolaire très réduite et production hâtive de formations secondaires. Péricycle abondamment divisé devant les centres de différenciation ligneuse. Endoderme cloisonné radialement.

Racines latérales. — Six à huit lames ligneuses primaires entourées par un ensemble de vaisseaux secondaires et de parenchyme médullaire sclérifié ; couronne libérienne continue à tissu criblé interrompu par des cellules cambiformes en face des pointements primaires.

Hypocotyle. — Continuation de la structure binaire de la racine, avec transformation de l'épiderme et cloisonnement tangentiel du péricycle produisant du liber sur sa face interne.

Au delà de l'insertion des cotylédons dans une germination n'ayant pas encore d'autres feuilles, la tige qui fait suite à l'hypocotyle ne présente pas encore de cylindre central développé. Il y a deux faisceaux de procambium destinés aux troisième et quatrième feuilles.

Tige. — Les entre-nœuds adultes ont la même structure que ceux du *Lysimachia Ephemerum* ou *L. vulgaris*. Système conducteur en couronne continue à pointements vasculaires nombreux, liber en couronne continue dont les éléments parenchymateux séparant les îlots criblés se sclérifient, de manière à former un anneau de sclérenchyme accolé au péricycle et parsemé de faisceaux de tissu criblé. Parenchyme cortical chlorophyllien légèrement amylifère. Épiderme à cellules prismatiques, parois minces, allongées radialement. Stomates et poils d'une seule forme, courts à cellule terminale simple ou divisée perpendiculairement à la surface.

Feuille. — *Cotylédons.* — Épiderme bifacial, stomates à la face externe seulement où les cellules sont allongées et très sinueuses. Mésophylle composé de cellules volumineuses prismatiques, différenciées en quelques points en cellules palissadiques.

Feuille adulte. Pétiole. — Face interne concave vers le milieu, section plan-convexe aux deux extrémités. Lame conductrice légèrement arquée et deux faisceaux à section ovalaire, tout à fait latéraux et s'insérant sur la nervure médiane à sa base. Endoderme subérifié normal et parenchyme chlorophyllien homogène. A la face externe de la nervure médiane, quelques fibres lignifiées.

Limbe. — Épiderme nettement bifacial. Cellules à contours rectilignes à la face interne, curvilignes ondulés à la face externe, celle-ci possédant des stomates nombreux et des poils courts peu abondants. Mésophylle bifacial. Deux assises de cellules palissadiques larges, parenchyme rameux très lacunaire. Nervure médiane à fibres primitives non lignifiées, liber en îlots criblés, vaisseaux ligneux en files flabelliformes.

Pédoncule floral. — Section circulaire à la base, pentagonale au sommet. Couronne libéro-ligneuse continue, se partageant en dix faisceaux dans la région supérieure où le liber a une tendance à entourer le bois. Péricycle fibreux mince, parenchyme cortical chlorophyllien homogène. Épiderme avec stomates et poils nombreux.

Dans le réceptacle floral, parcours des faisceaux typiques, faisceaux placentaires insérés latéralement sur les dix faisceaux du pédoncule peu après leur divergence.

Pendant la fructification tout le parenchyme périfasculaire du réceptacle floral se sclérifie fortement.

Calice. — Poils et stomates sur les deux épidermes. — Mésophylle prismatique homogène peu méatique à la base, devenant rameux et très lacuneux vers le sommet. Poches sécrétrices volumineuses bordées par une assise de cellules volumineuses. Nervation peu ramifiée, nervure médiane et deux nervures latérales à section ovale et structure normale. Assise sous-épidermique tannifère.

Corolle. — Sous l'insertion des étamines, épidermes et parenchyme prismatiques, ce dernier plus abondant autour des cinq nervures médianes à structure concentrique qu'autour des cinq nervures intercalaires à structure collatérale. Poils abondants sur la face interne. Au-dessus de l'insertion des étamines, parenchyme rameux latéralement et cellules épidermiques ondulées. Toutes les nervures et leurs ramifications sont collatérales. — Épidermes tannifères.

Étamine. — *Filet.* — Structure typique à faisceau concentrique. *Anthère.* — Épiderme ondulé, parenchyme mécanique à épaississements en U et spiralés ; *pollen* ellipsoïde à trois plis, trois pores.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Mésophylle parenchymateux homogène plus épais au sommet qu'à la base; cinq faisceaux libéro-ligneux collatéraux, mal déterminés. Assises sous-épidermiques tannifères.

Style. — Structure normale. Épiderme dépourvu de poils et de stomates, parenchyme externe mince, cinq faisceaux, prolongement des cinq faisceaux ovariens et parenchyme conducteur entourant le canal stylaire.

Placenta. — Dans le pédicelle cinq ou sept faisceaux à bois *externe ou latéral par rapport au liber* et parenchyme prismatique à cellules disposées en files verticales. Dans la région ovulifère, prolongement des faisceaux qui se divisent et se courbent vers les ovules et parenchyme amylifère et tannifère.

Ovule. — Structure typique normale (comme *P. sinensis*). Cette espèce nous a fourni une excellente préparation d'un ovule jeune montrant nettement la structure du nucelle, le développement et le cloisonnement tangentiel des deux téguments (fig. 30).

Graine. — Comme *P. sinensis*, assise superficielle à cellules tabulaires très longues non prolongées en papilles, à parois minces subérifiées, l'assise sous-jacente à parois cellulosiques épaisses ne laissant de lumière que les espaces occupés par plusieurs cristaux d'oxalate de calcium.

Section II. — **Coxia** Engler.

Lubinia atropurpurea Link et Otto.

L'anatomie de cette espèce diffère à peine de la précédente.

Tige. — Épiderme à cuticule fortement striée, stomates et poils nombreux. Écorce mince. Péricycle épais, quatre ou cinq assises de cellules à membranes très épaisses. Tissu criblé en îlots étroits englobés dans le sclérenchyme. Bois groupé en traces foliaires correspondant souvent à trois cordons libériens. Moelle lignifiée à la périphérie.

Feuille. — Pétiole comme l'espèce précédente. Limbe : stomates très nombreux sur les deux faces. L'épiderme interne présente des cellules à contours rectilignes ou curvilignes légèrement ondulés. Poils clairsemés des deux côtés.

16. — LYSIMACHIA L.

Environ soixante espèces, habitant pour la plupart les zones tempérée et subtropicale de l'hémisphère Nord; quelques-unes viennent dans l'Afrique tropicale et au Cap, en Australie et dans quelques îles de l'océan Pacifique. Pax les a groupées en cinq sections.

Nous ferons la monographie anatomique d'une espèce appartenant à chacune de ces sections.

Section I. — **Ephemerum** Duby.

Lysimachia Ephemerum L.

Racine. — La racine principale n'a qu'une durée très faible, elle est bientôt suppléée par de nombreuses racines adventives qui naissent d'abord sur l'axe hypocotylé, puis sur les nœuds inférieurs de la tige principale et sur les rhizomes.

La structure est normale et binaire. Le bois primaire forme une lame bipolaire diamétrale. Le liber primaire est réduit à un petit nombre d'éléments criblés; à leur face interne se développent de bonne heure deux masses libéro-ligneuses secondaires.

Dans les racines latérales, le nombre des lames ligneuses primaires varie avec leur diamètre ; celles insérées sur l'hypocotyle ayant 1 millimètre au moins de diamètre sont tripolaires, les autres sont 4, 5-polaires.

Les racines de toutes les espèces de Lysimachia se comportent de la même façon.

Tige. — Vers le milieu d'un entre-nœud âgé complètement développé, une coupe transversale présente un épiderme avec stomates et poils, un parenchyme cortical chlorophyllien très méatique, un système conducteur en couronne libéro-ligneuse continue présentant un grand nombre de pointements ligneux primaires, une moelle parenchymateuse homogène à lacunes volumineuses, séparées par un plan de cellules. A la base, il y a tendance à la formation d'un liège épidermique. Un entre-nœud de la région du sommet présente quatre faisceaux volumineux opposés deux à deux dans le plan des feuilles et quatre faisceaux plus petits, compris entre les premiers. Plus bas à la face interne du liber, qui dès le sommet forme un manchon continu, se développent des lames ligneuses entre les faisceaux foliaires cités plus haut.

Feuille. — Structure bifaciale. Épidermes à cellules ondulées; sur les deux faces stomates et poils tri-cellulaires à cellule terminale sphérique simple. Un rang de cellules palissadiques très longues et quatre ou cinq assises de cellules rameuses constituent le mésophylle, parcouru par une nervure médiane à section demi-circulaire ; (liber normal, vaisseaux en éventail) et, par des nervures de plus en plus petites, à section ovalaire. Toutes les nervures sont enveloppées par une gaine de parenchyme conducteur qui prend les caractères d'une gaine endodermique dans les nervures importantes de la base.

Les feuilles basilaires ont une forme un peu différente des feuilles supérieures. Leur limbe s'atténue graduellement en une région pétiolaire étroite qui devient plus large à l'insertion. Les feuilles supérieures sont tout en limbe. La trace foliaire de ces feuilles primordiales comprend un arc libéro-ligneux médian qui émet déjà des rameaux latéraux avant la séparation de la feuille et deux faisceaux marginaux qui s'insèrent sur la tige à 60° environ de l'arc médian. Celui-ci se compose d'une lame de fibres primitives collenchymateuses, d'une lame de tissu criblé normal, d'une assise génératrice, d'une lame flabelliforme de vaisseaux dont les premiers formés sont épars au milieu d'une masse épaisse de fibres primitives collenchymatoïdes.

Pédoncule floral. — Épiderme à cellules très épaissies sur leurs faces externes et internes, stomates et poils abondants. Parenchyme cortical chlorophyllien à cellules tannifères éparses. Système conducteur comprenant un anneau continu de liber à la face interne duquel se développent des files radiales de vaisseaux non groupés en faisceaux; moelle parenchymateuse. Le liber comprend : un péricycle plurisérié cellulosique à l'anthèse, des îlots de tissu criblé séparés les uns des autres par des fibres primitives identiques à celles du péricycle, toutes ces fibres se lignifient pendant la fructification, de même pour un certain nombre de cellules de la moelle.

Bractée florale. — La bractée florale est sessile, de forme triangulaire allongée. Cellules épidermiques légèrement ondulées et identiques sur les deux faces; stomates nombreux surtout dans la portion basilaire élargie; poils répartis sur toute la surface. Dans son ensemble, le parenchyme est rameux, cependant il y a formation sporadique des cellules palissadiques. La nervure médiane a dès la base une section ovalaire. Sa structure est celle des nervures de même calibre de la feuille.

Calice. — Le mésophylle est riche en chlorophylle sans présenter de tissu palissadique. Les cellules épidermiques ne diffèrent pas de

celles de la feuille (fig. 75). Stomates extrêmement abondants, attestant l'intensité de la fonction respiratoire dans cet organe. Le système conducteur est formé d'une nervure médiane richement ramifiée et de deux nervures marginales simples. Les nervures ne présentent pas d'anastomoses.

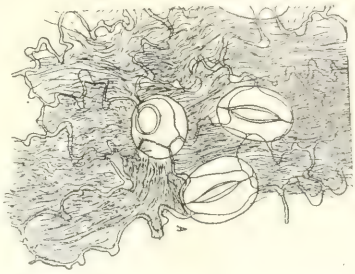


Fig. 75. — *Lysimachia Ephemerum* L. Sépale : épiderme externe vu de face.

Corolle. — Structure homogène. Cellules épidermiques toutes tannifères, allongées et très ondulées. Deux sortes de poils : unicellulaires en massue ou *n*-cellulaires formant à la base du tube une couronne interne très dense.

Dans le mésophylle, deux assises de cellules régulièrement rameuses sur leurs faces latérales, dans la région du limbe.

Nervation : dans le tube, dix faisceaux : cinq pétalaires médians concentriques, cinq intercalaires collatéraux. Au-dessus de l'insertion du faisceau staminal, les faisceaux concentriques deviennent collatéraux, tous se divisent une ou deux fois sans s'anastomoser.

Étamine. — *Filet* à faisceau unique concentrique, entouré par un parenchyme homogène et un épiderme dépourvu de stomates et de poils. — *Anthère* : cellules épidermiques isodiamétriques de face, poils courts, peu abondants; parenchyme mécanique à épaississements en U ouverts vers l'extérieur, dans la région avoisinant la ligne de déhiscence, et épaississements spiralés dans le reste de la portion mécanique du connectif ; faisceau concentrique dans lequel la différenciation libéro-ligneuse n'atteint pas le sommet. — Pollen en grains ellipsoïdes réguliers à trois plis méridiens et trois pores vers leur milieu.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Mésophylle à parenchyme homogène, tabulaire, dont toutes les cellules du sommet s'épaississent et se lignifient pendant la fructification ; dix faisceaux conducteurs collatéraux, cinq médians opposés aux sépalaires. Cellules épidermiques étroites et étirées longitudinalement à la face interne, régulièrement polygonales à la face externe. — *Style.* — Sous l'épiderme prismatique, mince couche de parenchyme prismatique, puis cinq faisceaux collatéraux très réduits, prolongement des cinq faisceaux médians et, autour du canal stylaire, couche de parenchyme conducteur. Pendant la fructification, formation de cinq cordons de sclérenchyme entre les faisceaux conducteurs.

Stigmate en pointe obtuse, papilles peu nombreuses autour de l'embouchure du canal stylaire.

Placenta. — Masse globuleuse de parenchyme amylifère et tannifère dans la périphérie de laquelle sont enchâssés les ovules.

Fig. 76. — *Lysimachia Ephemerum* L. Fruit : coupe transversale d'un faisceau placentaire inverse : *t. c*, tissu criblé ; *b*, bois ; *scl*, cellule scléreuse (gr. = 450).

Faisceaux conducteurs au nombre de six, sept, plus ou moins confluents et à bois externe (fig. 77).

Épiderme à poils tri-cellulaires courts abondants à la surface du pédicelle.

Ovule. — Deux téguments et nucelle ellipsoïde constitué par une file axile et une assise périphérique de cellules. Une cellule de la file axile s'accroît aux dépens des autres qui diffluent et sont absorbées ; cette cellule devient le sac embryonnaire.

Pendant la maturation des graines, les cellules épidermiques internes de la paroi ovarienne deviennent lignifiées rayées, le parenchyme de la région supérieure devient également rayé, sauf en regard des nervures, où se fera la déchirure de la paroi. Le parenchyme conducteur se lignifie (fig. 77).

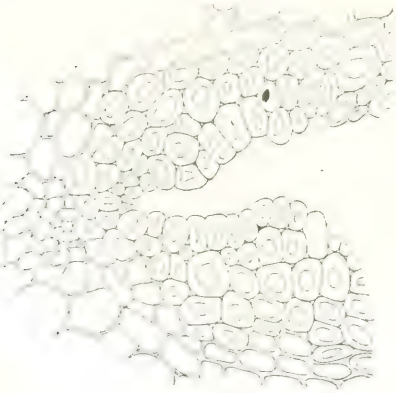


Fig. 77. — *Lysimachia Ephemerum* L. Fruit : coupe transversale à la base du style, *se*, parenchyme conducteur sclérifié ; *cs*, canal stylaire.

Graine. — *Tégument* dans lequel les deux assises externes de cellules proviennent du tégument externe de l'ovule, les autres du tégument interne. L'assise externe est colorée en brun, celle qui vient au-dessous a toutes ses cellules épaissies renfermant plusieurs cristaux d'oxalate de calcium. Les suivantes sont vides et toutes écrasées. — Albumen cellulosique par les membranes épaissies des cellules, aleurique et oléagineux par leur contenu.

Section II. — **Lysimastrum** Duby.

Fleurs jaunes en panicule ou solitaires à l'aisselle des feuilles, filets plus courts que la corolle, libres ou unis entre eux à la base, toujours concrescents avec la corolle.

Lysimachia vulgaris L.

M. Kamienski a décrit avec soin l'anatomie de l'appareil végétatif. Après les avoir contrôlées, nous ne faisons que résumer ses observations en les précisant.

Racine latérale. — Assise pilifère et écorce persistantes.

Cylindre central dont le rayon occupe environ le tiers du rayon total; liber en couronne très mince, bois en couronne épaisse formé par cinq lames ligneuses primaires complètement masquées par les vaisseaux secondaires formant un manchon dont le centre est occupé par une moelle tout à fait sclérifiée.

Les cellules épidermiques épaississent leurs membranes sur leur face externe, l'écorce riche en amidon est parsemée de cellules sclérifiées dans la zone interne.

Tige. — Section circulaire cannelée. Épiderme portant des poils en grand nombre, poils tri-cellulaires, à cellule terminale simple ou divisée en deux et poils 5, 6-cellulaires à cellule terminale non différenciée, stomates rares, quelquefois l'épiderme est exfolié et remplacé par une mince couche de liège épidermique ou sous-épidermique.

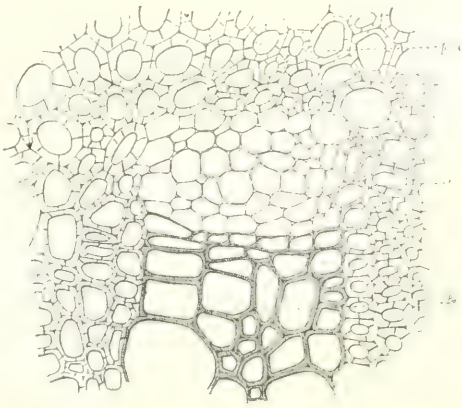


Fig. 78. — *Lysimachia vulgaris* L. Coupe transversale d'une partie du cylindre central dans un nœud âgé (gr. = 450); *fib. lign. per*, fibres ligneuses péricycliques; *li*, liber; *bo*, bois.

Parenchyme cortical cylindrique dans la zone externe, prismatique dans la zone interne, parsemé de cellules scléreuses et de grandes lacunes, cellules tannifères très abondantes; endoderme subérifié, et même sclérifié en certains points.

Système conducteur en couronne continue se divisant en faisceaux libéro-ligneux distincts au sommet en nombre n, triple du nombre des feuilles insérées aux nœuds, $n/3$ foliaires, $2n/3$ réparateurs par conséquent.

Péricycle scléreux comprenant une, deux assises de cellules toujours distinctes par leur forme et leur couleur des cellules scléreuses du bois (fig. 78).

Liber normal en îlots distincts vers le milieu des entre-nœuds, en bandes continues dans les traces foliaires vers les nœuds. Bois normal, sclérenchyme abondant vers le milieu des nœuds, parenchyme conducteur cellulosique et fibres primitives en grande quantité aux nœuds.

Feuille. — Pétiole très court, à section convexe-concave, creusé d'un sillon à la face interne. Poils des deux formes, nombreux.

Parenchyme normal. Système conducteur en lame très étalée, étroite, se ramifiant avant la séparation du pétiole.

Limbe. — Cellules épidermiques très ondulées, cuticule à stries parallèles ondulées très marquées. Stomates dans l'ensemble orientés perpendiculairement à la nervure médiane et poils des deux formes plus nombreux sur la face inférieure (300 stomates par millimètre carré).

Nervation pennée réticulée, nervure médiane terminée en hydathode, nervures de deuxième ordre réunies à la périphérie par des arcs marginaux. Mésophylle bifacial, une assise de cellules palissadiques, trois, quatre assises de cellules très rameuses.

Section III. — **Nummularia** Nyman.

Lysimachia Nummularia L.

Racine latérale. — Structure normale. Poils absorbants très nombreux ; après leur chute, subérification des membranes de l'assise pilifère. Parenchyme cortical sérié dans toute son épaisseur, sauf l'assise subéreuse ; parois minces ; amidon très abondant ; endoderme normal. Cylindre central tétrapolaire; productions secondaires peu abondantes, presque exclusivement libériennes; parenchyme médullaire à parois minces, contenu protoplasmique.

Tige. — Section 4-angulaire, deux côtés convexes les plus larges, deux côtés concaves très étroits. Cellules épidermiques volumineuses à parois épaissies, cuticule épaisse ; stomates très petits, poils tri-cellulaires capités. Parenchyme cortical collenchymatoïde dans les ailes, chlorophyllien et amylifère, sérié radialement dans la zone

interne ; endoderme normal. Système conducteur à section elliptique avec grand axe orienté dans le plan de symétrie des feuilles supérieures ; couronne libéro-ligneuse continue. Péricycle uni ou bisérié ; tissu criblé typique à parois minces ; bois formé de vaisseaux et de parenchyme en séries radiales, quatre pointements primitifs faiblement indiqués.

Feuille. — *Pétiole* : section convexe-concave, avec deux prolongements aliformes. Nervure à section elliptique (fig. 79).

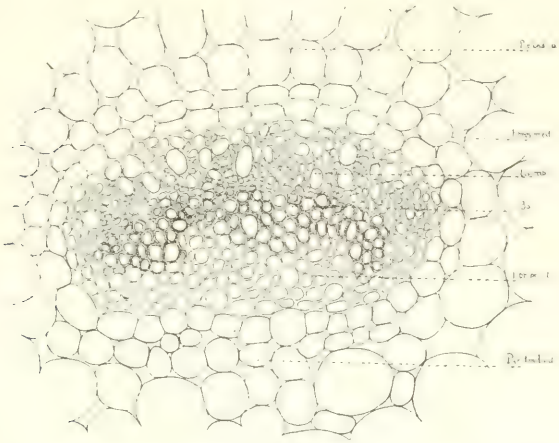


Fig. 79. — *Lysimachia Nummularia* L. Section transversale de la trace foliaire dans le pétiole (gr. = 450).

Limbe. — Structure bifaciale. Cellules épidermiques ondulées, plus volumineuses à la face externe qu'à la face interne où les stomates sont plus abondants. Une assise de cellules palissadiques étroites et serrées ; parenchyme rameux peu lacuneux. Poches glandulaires à égale distance des épidermes, remplie d'une substance tannifère, cristallisée en sphérites. Système conducteur constitué par une nervure médiane terminée en hydathode, et cinq, six nervures secondaires réunies en arc marginal et présentant quelques ramifications libres.

Pédoncule floral. — Section pentagonale dès la base. Écorce épaisse par rapport au cylindre central. Système conducteur en couronne continue, à faisceaux ligneux faiblement distincts, sauf au sommet où ils divergent au nombre de dix pour se rendre dans le calice et la corolle. Parcours des faisceaux identique à celui décrit pour le *Lysimahia Ephemerum*.

Calice. — Cellules épidermiques ondulées à parois radiales lé-

gèrement épaissies aux courbures. Stomates peu abondants. Poils tri-cellulaires capités à cellule terminale simple.

Parenchyme prismatique légèrement rameux.

Système conducteur comme dans la feuille.

Corolle. — Comme *L. vulgaris*, le parenchyme renferme des poches sécrétrices sphériques ou ellipsoïdes, tapissées par des cellules aplaties à section rectangulaire.

Étamine. — *Filet* : section elliptique. Poils épidermiques nombreux ; parenchyme amylacé, méatique ; faisceau concentrique à lame vasculaire tangentielle. *Anthère.* — Comme *Lysimachia Ephemerum.*

Pollen en grains ellipsoïdes aplatis aux extrémités du grand axe mesurant 45 μ et 22 μ suivant les deux axes.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme typique. Poils nombreux à la base externe. Parenchyme prismatique *parsemé de poches sécrétrices.* Style comme *Lysimachia Ephemerum.*

Section IV. — **Lerouxia** Mérat.

L. nemorum L.

Racine. — Racine latérale. Écorce persistante. Cylindre central pentapolaire. Moelle sclérenchymateuse. Productions libéro-ligneuses secondaires, localisées à la face interne des cordons libériens primaires. Endoderme non épaissi, peu ou pas cloisonné radialement.

Tige. — Section quadrangulaire munie de quatre ailes aux angles. Épiderme comme *L. Nummularia.* Parenchyme cortical chlorophyllien à la périphérie, tannifère et amylifère. Quatre faisceaux libéro-ligneux situés en regard des angles ; assise génératrice continue adossée à l'endoderme entre les faisceaux et produisant à sa face interne une bande de sclérenchyme formant un anneau continu avec les faisceaux ligneux. Aux nœuds, les traces foliaires se divisent en deux branches et s'unissent aux faisceaux adjacents. Ces traces foliaires émettent dès leur base une nervure latérale à droite et à gauche.

Feuille. — *Pétiole.* — Section convexe-concave, relevée vers les bords. Épiderme et parenchyme comme *L. Nummularia* ; une nervure médiane et dès la base deux ramifications.

Limbe. — Épiderme bifacial à la face interne dépourvue de stomates, cellules épidermiques (100μ-45μ), contours ondulés en lignes brisées avec épaississements aux angles ; poils courts, enfoncés, à

cellule terminale divisée ; à la face interne : cellules ondulées (75μ-30μ à contours curvilignes, stomates nombreux (350 par mm_2), poils disséminés; mésophylle bifacial; une assise de cellules palissadiques lâchement unies du côté externe ; quatre assises de parenchyme rameux ; chloroplastes volumineux sphériques (D= 5μ), pas de poches sécrétrices. Système conducteur comme *L. Nummularia*. Cellules marginales en dents de scie.

Pédoncule floral. — Section circulaire, cylindre central très étroit et moelle nulle, ou réduite à quelques cellules. Écorce riche en amidon ; péricycle mince partiellement lignifié, deux bandes libéro-ligneuses accolées, formant un cylindre au centre de l'organe.

La tige, la feuille, le pédoncule floral permettent donc de distinguer très nettement *L. nemorum* de *L. Nummularia*.

Section V. — **Theopyxis** Grisebach.

L. umbellata Philippi.

Tige. — Au milieu d'un entre-nœud jeune, section pentagonale.

Épiderme normal, poils tri-cellulaires courts à cellule terminale sphérique divisée en deux.

Parenchyme cortical à parois minces.

Péricycle comprenant environ quatre assises de cellules épaissies et lignifiées.

Couronne libéro-ligneuse continue, composée de cinq arcs à section en éventail disposés en regard des angles et réunis entre eux par une bande libéro-ligneuse mince.

Le bois est composé de vaisseaux et de parenchyme cellulosique.

Feuille. — *Pétiole.* — Comme *Lysimachia vulgaris*, une forme de poils tri-cellulaires courts à cellule terminale simple ou divisée.

Trace foliaire unifasciculée, large, ramifiée dès la base.

Limbe. — Comme *L. vulgaris*.

Structure semblable à celle de la tige avec cinq faisceaux très distincts. Stomates très abondants, irrégulièrement disséminés. Poils tri-cellulaires capités. Péricycle, quatre, cinq séries, lignifié. A la fructification, tout le cylindre central se lignifie, sauf les éléments criblés du liber et les fibres primitives du bois.

Pédoncule floral. — Section quadrangulaire. Type *Lysimachia Ephemerum*. Écorce large (1/2 R). Moelle nulle ou réduite à quelques cellules.

Le parenchyme du calice renferme des poches sécrétrices tannifères.

La corolle porte sur ses bords des poils 4-cellulaires à cellule terminale sphérique, cellule inférieure très volumineuse.

---

17. — STEIRONEMA Rafinesque.

Quatre espèces nord-americaines.

St. ciliatum Raf (*Lysimachia ciliata L.*)

Racine principale. — Structure binaire normale.

Racines laterales. — Six lames ligneuses primaires contre lesquelles viennent se placer des vaisseaux secondaires à large diamètre. Liber en couronne continue, tissu criblé en face du bois primaire où le péricycle s'est cloisonné tangentiellement; moelle parenchymateuse large.

Hypocotyle. — Cylindre central bipolaire comme dans la racine principale sur les deux tiers inférieurs ; la lame ligneuse centrale se divise ensuite en deux lames qui s'accolent au bois des deux faisceaux secondaires.

Tige. — Le rhizome et la tige dressée ont la même structure dans leurs entre-nœuds adultes ; quelques particularités histologiques seules les distinguent.

Épiderme à stomates et poils nombreux même dans le rhizome.

Parenchyme cortical homogène amylifère et tannifère.

Système conducteur en couronne continue, péricycle prosenchymateux, tissu criblé en ilots, séparés par de larges cellules parenchymateuses ; bois formé de vaisseaux secondaires à section polygonale régulière en files radiales séparées par des files de parenchyme, pointements primaires peu distincts dans le rhizome, nombreux dans les entre-nœuds adultes de la tige dressée.

Cotylédon. — Pétiole à section triangulaire plan-convexe. Épiderme pourvu de stomates et d'un petit nombre de poils courts à cellule terminale en massue.

Parenchyme prismatique légèrement chlorophyllien et amylifère.

Faisceau à section circulaire entouré par une gaine subérifiée. Liber enveloppant presque complètement le bois, celui-ci renfermant beaucoup de parenchyme.

Limbe. — Épiderme bifacial, les cellules de l'épiderme externe très ondulées, celles de l'épiderme interne plus volumineuses à contours à peine curvilignes et ondulés. Stomates abondants des deux côtés. Poils courts capités.

Mésophylle bifacial. — Une assise de cellules palissadiques en U

et deux, trois assises de cellules très rameuses et aplaties, nervation du type *Lysimachia*. Nervure médiane terminée au sommet en hydathode.

Feuille. — *Pétiole*. — Section en croissant présentant un sillon à la face interne, de chaque côté duquel la surface est convexe. Épiderme à cellules prismatiques, stomates et poils abondants. Parenchyme chlorophyllien lacuneux, collenchymateux sous l'épiderme; système conducteur composé d'une nervure médiane à section en croissant et de deux faisceaux tout à fait latéraux insérés sur le système conducteur de la tige à 90° de l'insertion de la nervure médiane ; disposition tout à fait caractéristique des *Steironema*. Structure normale, fibres primitives internes et externes, liber en ilots criblés, vaisseaux ligneux en files radiales séparées par du parenchyme conducteur.

Limbe. — Épiderme bifacial, stomates et poils tri-cellulaires capités à la face externe seulement où les cellules sont sinuées à parois radiales épaissies; parenchyme palissadique occupant la moitié de la largeur du limbe avec une seule assise de cellules palissadiques; parenchyme rameux peu lacuneux. Même nervation que *Lysimachia vulgaris*.

Pédoncule floral. — Épiderme à stomates et poils. Parenchyme chlorophyllien lacuneux, surtout en regard des cinq angles. Système conducteur formé par un péricycle mince et une couronne de dix, douze faisceaux ligneux et libériens mal définis et non régulièrement accolés, moelle collenchymateuse à la périphérie.

A la base de la fleur le péricycle se divise avec les faisceaux conducteurs au nombre de dix qui divergent, cinq se rendant dans le calice, cinq dans la corolle. Les faisceaux placentaires s'insèrent sur les précédents à la base du réceptacle floral, un peu plus haut les cinq faisceaux intercalaires de la corolle sur les sépalaires, puis les cinq faisceaux ovariens sur ces mêmes sépalaires.

Calice. — Épiderme à stomates nombreux surtout au sommet de sa face interne, poils courts sur les deux faces.

Mésophylle homogène, parenchyme rameux à lacunes augmentant de la base au sommet.

Nervure médiane terminée en hydathode et deux nervures latérales la rejoignant au sommet et ramifiées d'une manière caractéristique.

Corolle. — Structure typique. Cellules épidermiques allongées fortement sinuées latéralement dans le limbe, poils nombreux à la face interne, surtout vers la base.

Parenchyme compact et prismatique à la base, régulièrement

rameux dans le plan tangentiel vers le sommet et très tannifère.

Système conducteur comme *Lysimachia*, la plupart des nervures terminées dans les dents marginales.

Étamine. — *Filet.* — Poils épidermiques nombreux sur la face externe, parenchyme prismatique entourant un faisceau central concentrique.

Anthère. — Épiderme tannifère. Parenchyme mécanique normal avec épaississement en U vers la ligne de déhiscence, spiralés dans le reste du connectif lignifié.

Pollen. — Grains ellipsoïdes, aplatis suivant la direction des deux axes se rapprochant par conséquent de la forme cylindrique.

Ovaire. — Paroi ovarienne : Épiderme typique. Sur la face externe poils courts, peu abondants. Parenchyme prismatique mince sur trois assises, les sous-épidermiques tannifères.

Style. — Structure normale. Épiderme à parois externe épaisse, parenchyme externe mince, cinq faisceaux libéro-ligneux réduits et parenchyme conducteur autour du canal stylaire.

Placenta en forme de cône surbassé et à bord inférieur relevé. Parenchyme polyédrique et prismatique à cellules disposées en files verticales à la base, se recourbant vers les ovules dans la portion ovulifère.

Ovules volumineux et en petit nombre, structure normale, deux téguments, nucelle volumineux, réduit très tôt à un grand sac embryonnaire.

18. — NAUMBURGIA Mönch.

Une espèce poussant sur les bords des fossés de l'Europe centrale et méridionale, du Japon et de l'Amérique du Nord.

N. thyrsiflora Mönch.

Racine latérale. — Écorce persistante, formée de cellules toutes sériées radialement, sauf celles de l'assise externe ; assise pilifère, assise subéreuse et endoderme normaux. Système conducteur dont les quatre lames ligneuses primaires et les vaisseaux secondaires compris entre elles forment un massif central à quatre arêtes. Liber en quatre faisceaux distincts. Péricycle recloisonné tangentiellement devant les pointements ligneux.

Tige. — La structure de la tige est semblable à celle du *Lysimachia Ephemerum*, si on compare des régions homologues de ces deux plantes.

Parenchyme cortical légèrement collenchymateux sous l'épiderme, creusé d'un cercle de grandes lacunes verticales, en fuseau comme celles de l'*Hottonia palustris*; endoderme subérifié. — Système conducteur à section elliptique, le grand axe de l'ellipse étant dans le plan des feuilles du nœud suivant. Péricycle épais, lignifié.

Liber en bandes aplaties, inégales et inégalement distantes, séparées les unes des autres par du sclérenchyme. Bois présentant un grand nombre de pointements primaires, riches en fibres primitives à la face interne des vaisseaux ; couronne continue de bois secondaire formée de vaisseaux et de parenchyme ligneux.

Moelle homogène, légèrement collenchymateuse, creusée de quelques lacunes.

Feuilles. — Épiderme nettement bifacial ; à la face interne dépourvue de stomates et de poils, cellules polygonales vues de face ; à la face externe, contours curvilignes légèrement sinueux ; stomates abondants ; diversements orientés ; poils courts peu abondants.

Mésophylle bifacial : une assise de cellules palissadiques et environ trois assises de cellules rameuses. Au milieu du parenchyme poches remplies du substance brune à structure radiée.

Nervure médiane : trois arcs libéro-ligneux, un médian, le plus volumineux atteignant le sommet et deux latéraux sur lesquels s'insèrent les nervures de second ordre.

Pédoncule floral. — Section irrégulièrement circulaire.

Écorce épaisse parenchymateuse homogène ; endoderme à cadre subérifié. Péricycle mince, sclérifié. Six faisceaux libéro-ligneux. moelle étroite à cellules périphériques parfois lignifiées, de même celles des rayons-médullaires.

Calice. — Cellules épidermiques à contours ondulés, papilleuses, beaucoup plus volumineuses à la face externe qu'à la face interne.

Parenchyme compact et prismatique à la base, devenant rameux et fortement chlorophyllien dans la partie supérieure où il forme de petites émergences.

Une nervure médiane non ramifiée, atteignant le sommet.

Corolle. — Cellules épidermiques prismatiques à la base finement ondulées et très allongées dans la portion libre du pétale.

Parenchyme réduit à deux assises de cellules tabulaires légèrement rameuses dans le plan du limbe. Système conducteur réduit à la nervure médiane.

Étamine. — *Anthère.* — Cellules épidermiques sinueuses de face, à cuticule fortement striée. Parenchyme mécanique à épaississement en U. Faisceau concentrique.

Pollen en grains ellipsoïdes, ponctués.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme bifacial; à la face externe, cellules polygonales isodiamétriques; à la face interne cellules très allongées et étroites. Ni stomates ni poils. Mésophylle parenchymateux homogène, parsemé de poches sécrétrices.

Cinq faisceaux collatéraux, très rapprochés de l'épiderme interne, liber en arc enveloppant latéralement le bois, très réduit.

Style légèrement évasé au sommet. Structure typique (Voy. *Lysimachia Ephemerum*).

Placenta. — Pédicelle : cinq faisceaux *concentriques ou inverses*; parenchyme prismatique peu abondant; épiderme présentant de nombreux poils courts et larges. Région ovulifère : parenchyme prismatique homogène, cinq faisceaux concentriques ou collatéraux inverses, cellules épidermiques tabulaires.

Ovule. — Structure typique (Voy. *L. Ephemerum*).

Graine. — Tégument externe : assise périphérique formée de cellules prolongées en papilles très longues, accolées et par suite prismatiques, parois minces, subérifiées et striées; le reste comme *L. Ephemerum*.

19. — TRIENTALIS L.

Deux espèces. *T. europæa* L. disséminé dans l'Europe septentrionale, la Sibérie, la Mandchourie, le Japon, l'Amérique du Nord (N.-O.) et *T. americana* Pursch, sur le versant atlantique de l'Amérique du Nord, dans les lieux tourbeux.

Racine. — *Racine principale.* — A la germination diamètre beaucoup moindre que dans les genres voisins. Assise pilifère persistante, épaississant un peu les parois externes de ses cellules. Parenchyme cortical comprenant quatre assises de cellules sériées radialement, sauf celles de l'assise subéreuse. Cylindre central très étroit, péricycle unisérié, mince, lame ligneuse bipolaire, à différenciation lente; liber primaire très réduit.

Racines latérales. — Structure normale; cylindre central 3, 4-polaire sans ou avec très peu de productions secondaires, lames ligneuses primaires épatées contre le péricycle, cordons libériens étroits étirés tangentiellement. Moelle réduite ou faisant défaut par suite de la différenciation vasculaire complète du méristème central.

Hypocotyle. — Structure typique. Épiderme avec stomates et poils tri-cellulaires, courts, cellule terminale divisée. Parenchyme cortical homogène, formé de cellules cylindriques bourrées d'amidon, plus volumineuses dans la zone moyenne; endoderme nor-

mal. Cylindre central très étroit, péricycle unisérié mince; lame ligneuse primaire formée d'un petit nombre de vaisseaux à large diamètre; liber primaire très réduit, pas de bois et liber secondaires au stade plantule.

Tige. — *Rhizome.* — Épiderme prismatique avec stomates et poils tri-cellulaires en petit nombre. Écorce et moelle constituées par un parenchyme prismatique, bourré d'amidon. Système conducteur en couronne continue. Péricycle comprenant deux à quatre assises de fibres primitives, partiellement lignifiées. Liber formé d'une couronne d'îlôts criblés. Bois en couronne discontinue dont les lames ligneuses ne se trouvent pas toujours en faces des îlots libériens.

Tige aérienne. — Épiderme avec stomates et poils peu abondants. Parenchyme cortical mince, légèrement tannifère à zone interne sériée radialement. Système conducteur constitué par un péricycle prosenchymateux, épais et trois, quatre bandes libéro-ligneuses presque contiguës diminuant d'épaisseur du milieu vers les bords.

Feuille. — *Pétiole.* — Section plan-convexe, un peu relevée vers les bords. Épiderme avec quelques poils, sans stomates. Parenchyme à cellules volumineuses, chlorophylliennes vers l'extérieur. Système conducteur en arc très étalé, vaisseaux ligneux en files radiales séparées par plusieurs files de cellules, qui ultérieurement peuvent se différencier en vaisseaux, de manière à donner quelquefois un arc ligneux continu.

Limbe. — Épiderme ondulé, surtout à la face externe où seulement il y a des stomates; poils rares.

Mésophylle à peine bifacial, cellules toutes plus ou moins tabulaires, celles de l'unique assise palissadique à peine plus longues que larges; environ trois assises de cellules rameuses.

Nervure médiane à section elliptique : plusieurs assises de fibres lignifiées péridesmiques s'engageant entre les îlots de tissu criblé; vaisseaux du bois en files radiales avec parenchyme conducteur interposé.

L'ensemble de la nervation est semblable à celle du *Lysimachia vulgaris.*

Pédoncule floral. — Épiderme à stomates et poils peu abondants.

Parenchyme cortical et médullaire très étroit. Couronne libéro-ligneuse comprenant un péricycle prosenchymateux épais, et des lames libéro-ligneuses mal définies dans lesquelles les vaisseaux ligneux ne correspondent pas toujours aux groupes d'éléments criblés.

Calice. — Cellules allongées dans le sens de la nervure médiane, à parois ondulées, prolongées en papilles courtes, plusieurs pour

chaque cellule; stomates nombreux. Cuticule fortement striée. — Parenchyme prismatique homogène, sclérifié autour des nervures marginales. — Nervure médiane et deux nervures latérales non ramifiées.

Corolle. — Cellules épidermiques prismatiques à la base, à contours ondulés et papilleuses dans la région supérieure. Poils tricellulaires, longs à la base.

Parenchyme mince, rameux dans le plan du limbe.

Étamine. — *Filet.* — Structure normale, parenchyme prismatique compact très réduit et faisceau concentrique étroit.

Anthère. — Épiderme à cellules ondulées, cuticule fortement striée. Parenchyme mécanique à épaississements en U ou spiralés, sur une assise en dehors de la région du connectif où il est plus abondant, entourant le faisceau concentrique peu développé.

Pollen. — Forme caractéristique, grains tétraédriques ($n = 25\ \mu$ en moyenne à trois plis méridiens munis de trois pores en leur milieu, surface finement ponctuée (fig. 24).

20. — APOCORIS Bunge.

Une espèce du Nord de la Chine

A. pentapetala Bunge.

Racine. — *Racines adventives.* — Parenchyme cortical amylifère, sérié radialement dans la zone interne. Cylindre central à quatre, cinq lames ligneuses primaires complètement entourées par un sclérenchyme et par des vaisseaux de seconde formation, médullaires, et par les amas de bois secondaires développés entre elles; liber primaire en couronne continue, mince.

Tige. — Dans les entre-nœuds inférieurs, écorce et moelle très minces, système conducteur en couronne continue, à bois très épais; sous la grappe de fleurs terminales écorce et moelle relativement plus développées, péricycle prosenchymateux continu et tissu criblé et vasculaire groupés en faisceaux libéro-ligneux distincts.

Feuille. — Épiderme nettement bifacial, stomates sur la face externe seulement où les cellules sont fortement ondulées; poils courts, abondants. — Mésophylle bifacial; une assise de cellules palissadiques étroites et longues; parenchyme rameux très lacunaire diminuant d'épaisseur de la base au sommet et de la nervure médiane aux bords. — Nervure médiane étalée en arc de faible courbure présentant la structure que nous avons mentionnée pour le *Trien-*

talis europea L., sauf la lignification des fibres péricycliques externes qui fait défaut ici.

Pédoncule floral. — Type *Lysimachia*. Cellules épidermiques prismatiques, poils courts nombreux, quelques stomates. — Écorce parenchymateuse épaisse, sériée radialement, sauf l'assise externe. — Péricycle non lignifié, liber et bois en couronne continue, le bois pouvant cependant être formé de deux arcs opposés. A la base du réceptacle floral, dix faisceaux à parcours typique.

Calice. — Épiderme bifacial, à cellules plus ondulées sur la face externe que sur l'interne, dépourvue de stomates et à poils rares, surtout marginaux, tandis que les stomates et poils abondent sur la face externe. Mésophylle : parenchyme prismatique à la base devenant légèrement lacuneux vers le sommet.

Nervure médiane adossée à la base à une *bande de sclérenchyme*, liber en fer à cheval entourant presque complètement le bois peu abondant; nervures latérales sans sclérenchyme.

Corolle. — Cellules épidermiques prismatiques à la base, allongées et à contours sinueux dans la portion étalée où *chaque cellule porte plusieurs papilles courtes*; stomates très rares et poils à la base des pétales. Parenchyme comprenant deux assises de cellules aplaties, rameuses dans le plan du limbe.

Étamine. — *Filet*. — Poils nombreux à la base sur la face interne. — Parenchyme prismatique compact et faisceau central concentrique.

Anthère. — Épiderme ondulé, légèrement papilleux et pilifère. — Parenchyme mécanique à épaississements en U tout autour des sacs polliniques et dans l'assise sous-épidermique seulement; au milieu de l'anthère dans la région du connectif quelques cellules à épaississements spiralés.

Pollen en grains ellipsoïdes réguliers ponctués.

Ovaire. — *Paroi ovarienne*. — Ni stomates ni poils. Épiderme interne à paroi épaissie du côté du placenta. Mésophylle prismatique, très mince, deux, trois assises. Pendant la fructification l'épiderme interne lignifie fortement ses parois épaissies surtout au sommet, suivant un anneau qui correspond à un sillon circulaire à la base du style.

Style. — Extrémité stigmatique constituée par des papilles épidermiques, dont les stries cuticulaires sont remarquablement ondulées et parallèles.

Placenta. — Dans le pédicelle cinq faisceaux collatéraux inverses se prolongeant dans la région ovulifère jusqu'à mi-hauteur, où ils s'étalent en crosse courte.

Ovules peu nombreux trois, quatre très gros par rapport à la hauteur de la cavité ovarienne, structure typique.

Graine : structure typique, cellules externes invaginées, albumen riche en aleurone à grains très distincts.

21. — ASTEROLINUM Link et Otto.

Deux espèces. *A. stellatum* dans la région méditerranéenne et *A. Adoënse* Kunze et Abyssinie.

A. stellatum Link et Otto.

Racine. — *Racine principale.* — Structure binaire normale. Dans une plante adulte, écorce exfoliée jusqu'à l'endoderme. Couronne de liber secondaire très mince, riche en cellules tannifères. Bois secondaire occupant presque toute la masse du cylindre central, uniquement composé de vaisseaux disposés en séries radiales régulières, séparé de la lame ligneuse primaire bipolaire par une assise de parenchyme.

Tige. — A la base de la tige principale adulte, écorce exfoliée jusqu'à l'endoderme, section transversale carrée, arrondie aux angles. — Système conducteur en couronne continue : péricycle mince non lignifié, tissu criblé mince, tannifère. Bois en deux bandes opposées, chacune ayant vers son milieu trois pointements primitifs, le pointement médian représentant la trace foliaire de la feuille supérieure, les pointements latéraux représentant les faisceaux caulinaires proprement dits.

Dans les entre-nœuds supérieurs, la section transversale présente quatre faisceaux libéro-ligneux distincts, alternes avec l'insertion des feuilles, la trace foliaire ne parcourt plus un entre-nœud entier, de même les faisceaux des rameaux de deuxième ordre ; ils s'insèrent directement sur les quatre faisceaux. Cette structure est à rapprocher de celle des *Anagallis*.

Parenchyme cortical mince prismatique ou cylindrique, chlorophyllien et amylifère. Épiderme avec poils courts, abondants. Moelle parenchymateuse homogène.

Feuille. — Épiderme à cellules allongées, légèrement sinuées avec stomates et poils. Mésophylle à structure variable, compact sous l'épiderme interne, lacuneux vers l'épiderme externe avec tendance à la formation de tissu palissadique soit sur la face interne, soit même sous les deux faces.

A la face interne de la nervure médiane appliqué contre le bois *un faisceau de sclérenchyme caractéristique* différencié dès l'origine.

Contrairement à ce qu'affirme M. de Kamienski, la structure de la feuille est donc différente de celle *Anagallis cærulea*.

Pédoncule floral. — Structure différente du type *Lysimachia* : deux faisceaux libéro-ligneux seulement dans la région moyenne. Cellules épidermiques volumineuses à parois externes épaissies, stomates et poils clairsemés. Parenchyme cortical chlorophyllien ne comprenant que deux assises de cellules. Péricycle bisérié, cellulosique au moment de l'anthèse, fortement épaissi et lignifié pendant la fructification; deux faisceaux libéro-ligneux déterminant la forme elliptique de la section. Moelle ne comprenant que quelques cellules.

Calice. — Cellules épidermiques comme dans la feuille, quelques-unes tannifères, celles des bords volumineuses, formant des denticules, *stomates à la face interne seulement*; poils courts. Mésophylle hétérogène très lacuneux à la base, palissadique à la face interne, avec tendance à la structure centrique vers le sommet. Système conducteur : nervure médiane présentant de chaque côté deux ramifications ; pas de nervures marginales. Nervure médiane à section en ellipse à grand axe tangentiel, liber normal, bois en bande tangentielle. A la face interne de la nervure médiane, faisceau de sclérenchyme.

Corolle. — Épiderme prismatique à la base, cellules à parois ondulées vers le sommet. Poils bicellulaires courts, cellules terminales sphériques, à la face interne. — Parenchyme prismatique, lacuneux, réduit à deux assises de cellules. Système conducteur : dans le tube dix faisceaux ; dans chaque limbe une nervure médiane et deux nervures marginales, non ramifiées.

Étamine. — *Filet.* — Section plan convexe; épiderme à cellules plus volumineuses que dans les genres voisins. Parenchyme prismatique très mince entourant un faisceau concentrique dont le liber peut se développer inégalement de manière à donner, tantôt un faisceau collatéral normal, tantôt un faisceau inverse.

Pollen. — Grains ellipsoïdes à trois plis méridiens, surface ponctuée.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme bifacial, les cellules de l'épiderme interne très étroites et étirées radialement; ni stomates ni poils; épiderme externe tannifère. Parenchyme prismatique très mince à cellules étirées tangentiellement; cinq faisceaux libéro-ligneux, très réduits. A la fructification les cellules épidermiques basilaires internes sont très épaissies, de même que l'assise sous-épidermique interne, dont les parties non épaissies de la membrane sont en boutonnières étroites, toutes parallèles et horizontales.

Placenta. — Peu volumineux, région ovulifère trilobée par suite de l'enchâssement de trois ovules. Parenchyme riche en amidon et tannin; cordon libéro-ligneux central dans lequel les vaisseaux

forment des îlots périphériques ; les éléments criblés sont dissémi nés dans toute la masse.

Dans le pédicelle trois faisceaux libéro-ligneux inverses qui se fusionnent plus haut en un cylindre libéro-ligneux plein.

Ovule. — Structure typique (Voy. *Lysimachia Ephemerum*).

C'est ici que l'on peut faire valoir l'importance des caractères de l'ovule. Tous les organes se réduisent, l'ovule reste immuable.

Graine. — Structure normale également bitégumentée, oxalifère dans l'assise sous-épidermique.

Albumen légèrement collenchymateux, contenu huileux et aleurique. Embryon composé d'une partie cylindrique terminée d'un côté par un sommet végétatif de racine, de l'autre par deux cotylédons très courts appliqués l'un contre l'autre comprenant entre eux à leur base un renflement à surface uniformément courbe. Toutes les cellules sont remplies d'huile et en voie de cloisonnement ; colonne centrale de méristème vasculaire se dédoublant sous les cotylédons

22. — PELLETERIA St. Hilaire.

Deux espèces. *P. trinum* Pax de l'Amérique du Sud extratropicale et des Canaries et *P. verna* St. Hil du Brésil.

P. trinum Pax.

Racine principale : système conducteur à lame ligneuse primaire diamétrale, entourée complètement par un cylindre compact de bois secondaire formé de vaisseaux et de parenchyme lignifié, couronne continue et très mince de tissu criblé, parfois interrompue, le bois venant alors directement en contact avec le péricycle.

Tige. — *Hypocotyle.* — Structure identique à celle de la racine en ce qui concerne le cylindre central. Parenchyme cortical très mince.

Tige principale. — A la base, sauf l'absence de bois primaire centripète et l'apparition du parenchyme médullaire, l'épiderme, l'écorce et le cylindre central sont en continuité directe avec les mêmes régions de l'hypocotyle.

Dans la portion feuillée les pointements ligneux primitifs au nombre de six deviennent très distincts. Tous les vaisseaux sont groupés suivant deux arcs d'ellipse, réunis par du parenchyme sclérifié, le liber ne forme pas toujours une couronne continue, il est interrompu alors par deux arcs sclérenchymateux accolés aux arcs vasculaires. Moelle parenchymateuse se sclérifiant à l'insertion des ramifications de la tige et à la périphérie en dehors des pointements primitifs dans les régions âgées.

Les tiges d'ordre plus élevé ont la même structure avec un nombre d éléments histologiques moindre, suivant leur diamètre et leur âge relatif.

Feuille. — Épiderme bifacial avec stomates à la face interne seulement où les cellules sont beaucoup plus sinuées qu'à la face externe. Poils tri-cellulaires courts, à cellule terminale divisée ; cellules marginales en escalier (fig. 80).

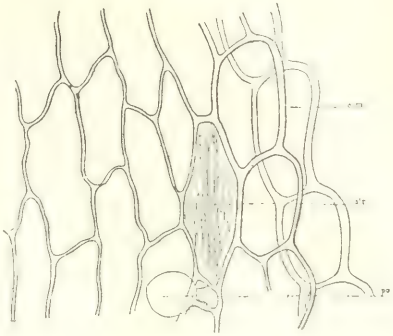


Fig. 80. — *Pelletiera trinum*. Feuille épiderme inférieur : *cm*, cellules épidermiques en escalier; stries cuticulaires.

Mésophylle à structure bifaciale très peu accusée, l'assise sous - épidermique interne n'ayant qu'une tendance faible, à la disposition palissadique ; chambres sous - stomatiques volumineuses ; le reste du parenchyme est peu rameux.

Nervure médiane à section ovalaire et structure normale. Devant le bois, un cordon de sclérenchyme très constant comme dans le genre *Asterolinum* (fig. 81).

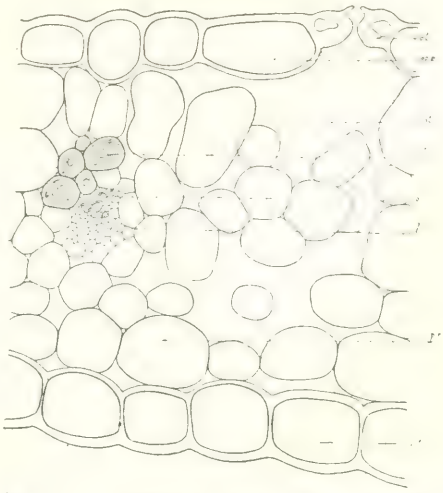


Fig. 81. — *Pelletiera trinum*. Coupe transversale du limbe foliaire dans la région de la nervure médiane.

Pédoncule floral. — Épiderme à cellules volumineuses, stomates et poils. Parenchyme cortical formé de cellules cylindriques, se lignifiant dans la zone interne à la fructification. Système conducteur comprenant deux faisceaux libéro-ligneux opposés aux extrémités du grand axe de l'ellipse que forme le cylindre central en section transversale.

Un anneau scléreux enveloppe les deux faisceaux à la fructification. Moelle réduite à quelques cellules.

Calice. — *Sépales*. — Cellules épidermiques plus volumineuses à

la face externe qu'à la face interne ; toutes allongées dans le sens de la nervure médiane à contours rectilignes, parsemées de cellules tannifères. Stomates abondants à la face interne. Poils tri-cellulaires courts disséminés.

Parenchyme lacuneux formé par des cellules cylindriques plus ou moins dissociées à la base, légèrement rameuses et plus petites vers le sommet.

Tout le long de la nervure médiane entre le bois et l'épiderme, le parenchyme est fortement sclérifié et les cellules épidermiques correspondantes ont leurs parois très épaissies.

Nervure médiane entourée par une *gaine* unisériée de *sclérenchyme.*

Corolle très réduite, la partie supérieure atteignant environ l'extrémité du filet. Cellules épidermiques à contours rectilignes ou légèrement ondulés. Poils courts très nombreux à la face interne vers la base. Parenchyme à cellules prismatiques, plus épais un peu au-dessus de l'insertion de la corolle que vers le sommet.

Étamine. — Filet grêle très allongé, inséré à la partie externe de l'anthère aussi large que longue.

Anthère. — Épiderme : cellules à contours ondulés. Parenchyme mécanique à épaississements en U très serrés. Faisceau concentrique.

Pistil. — Paroi ovarienne très mince. Cellules épidermiques, allongées et terminées en biseau aux deux extrémités à la face interne, isodiamétriques à la face externe.

Parenchyme comprenant deux assises prismatiques courtes.

Style cylindrique un peu rétréci à l'extrémité stigmatique où les cellules épidermiques sont à peine papilleuses.

Ovule. — L'extrémité micropylaire est prolongée en un bec qui s'écarte du placenta, ce qui permet de penser que le tube pollinique pour arriver à l'ovule doit progresser à la surface du placenta, puis de l'ovule.

23. — GLAUX L.

Une espèce venant dans les terrains salés.

G. maritima L.

Racine. — *R. principale.* — Structure primaire du type binaire ; en raison de la fugacité de cette racine, productions libéro-ligneuses secondaires peu abondantes ; radicelles à structure également binaire.

Racines latérales. — Structure normale. Écorce primaire épaisse,

persistante. Cylindre central à *productions libéro-ligneuses très développées*, les vaisseaux secondaires remplissant l'espace compris entre les quatre lames ligneuses primaires, mais ne dépassant pas le centre de développement de celles-ci. Liber secondaire en couronne continue, mince. Les radicelles ont un système conducteur bipolaire.

Hypocotyle. — Sauf l'épiderme qui prend les caractères d'un épiderme de tige, l'anatomie de l'hypocotyle est identique à celle de la racine principale, à sa base, avec un plus grand développement du bois et du liber secondaires.

Tige. — Les tiges des différents ordres ont la même anatomie générale si on les étudie dans des entre-nœuds âgés.

Épiderme avec stomates et poils courts à extrémité discoïde pluricellulaire. Écorce lacuneuse, épaisse très tannifère, endoderme cloisonné radialement. — Couronne libéro-ligneuse continue à section elliptique. Péricycle à trois, cinq rangs de fibres primitives lignifiées ou cellulosiques. Tissu criblé disposé en bandes radiales séparées par des bandes plus étroites de parenchyme conducteur, dans les entre-nœuds très âgés, ou en couronne continue normale, quelquefois lignifiée dans la région externe. Bois épais, disposé en zones annuelles très marquées, à huit pointements primitifs dans les portions feuillées, correspondant à quatre faisceaux distincts foliaires et quatre caulinaires. Sommet végétatif montrant en coupe longitudinale, trois groupes de cellules histogènes ; à la surface l'assise dermatogène, puis une assise formée de cellules allongées perpendiculairement à la surface, se continuant dans les plus jeunes mamelons foliaires et au centre un massif méristématique polyédrique que l'on peut considérer comme le méristème propre de la tige ou plutôt celui qui donnera naissance à la moelle.

Dans les stolons : épiderme à stomates et poils très rares ; parenchyme cortical très épais, très amylifère; cellules à parois épaisses sur toute la largeur de l'écorce. Péricycle scléreux bi- ou trisérié; tissu criblé en anneau continu; bois en deux arcs demi-elliptiques ; moelle très réduite, partiellement sclérifiée.

Feuille. — Outre les feuilles végétatives normales, *Glaux maritima* présente des feuilles bractéiformes sur les rhizomes ou les portions basilaires des tiges rampantes ou dressées.

Feuille normale. — Épiderme avec cellules ondulées, stomates et *poils enfoncés*. Mésophylle bifacial avec *tendance au type centrique*, tissu palissadique augmentant d'épaisseur de la base au sommet et débordant graduellement sur la face externe. Parenchyme rameux, très lacuneux sous l'épiderme externe. Nervure médiane à section elliptique, fibres primitives non différenciées, abondantes à

la face interne du bois dont les vaisseaux sont disposés en éventail et entremêlés de parenchyme conducteur ; quelques *fibres primitives externes lignifiées.*

Feuille bractéiforme. — Épiderme à cellules prismatiques, poils et stomates peu abondants. — Mésophylle homogène formé de cellules prismatiques. — Nervure médiane flabelliforme, en section transversale.

Pédoncule floral. — Épiderme avec stomates et poils. — Écorce épaisse, collenchymateuse sous l'épiderme, sériée radialement dans la zone interne. Péricycle continu ; à la base, deux arcs libéro-ligneux opposés, contigus, formant bientôt une couronne continue. Sous la fleur, les éléments libéro-ligneux se groupent en cinq faisceaux qui divergent et deviennent les cinq nervures médianes du calice. *Les faisceaux staminaux s'insèrent sur les faisceaux sépalaires dans le réceptacle floral et les faisceaux placentaires sur les faisceaux staminaux.* Par suite de l'absence de la corolle, le parcours des faisceaux dans le réceptacle floral est donc différent de ce que nous avons décrit dans les autres genres.

Calice. — Épiderme à cellules prismatiques devenant ondulées au sommet où les stomates sont très abondants ; poils nombreux. Mésophylle, lacuneux surtout vers le sommet où les cellules sont très rameuses. — Nervure médiane ayant la même structure que celle de la feuille.

Étamine. — *Filet.* — Épiderme et parenchyme formés de cellules prismatiques régulières. Faisceau central à structure concentrique.

Anthère. — Cellules épidermiques prismatiques allongées ; petit nombre de poils courts. Parenchyme mécanique envahissant tout le connectif au-dessus de la terminaison du faisceau ; épaississements en U ouverts vers l'extérieur, et épaississements spiralés, les premiers localisés autour de la ligne de déhiscence.

Pollen. — Grains ellipsoïdes, trois plis méridiens ayant trois pores en leur milieu.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme bifacial typique (V. *Primula sinensis*). A la face interne, cellules étroites, allongées, à section transversale étirée radialement. Poils courts, enfoncés, à la face externe. Parenchyme prismatique plus épais au sommet de l'ovaire et dans la région des faisceaux, qu'à la base et entre les faisceaux ; faisceaux au nombre de cinq, quelquefois quatre, liber enveloppant partiellement le bois du côté externe.

Style. — Épiderme à cellules prismatiques présentant quelques rares poils enfoncés ; au sommet, papilles stigmatiques constituées par des prolongements en doigt de gant des cellules épidermiques.

Parenchyme diminuant d'épaisseur de la base au sommet, différencié en parenchyme conducteur, riche en protoplasme à la face interne du cercle des cinq faisceaux conducteurs. Parenchyme externe très mince.

Les faisceaux conducteurs ont fréquemment une orientation mal déterminée.

Placenta. — Volume considérable par rapport à l'ensemble des ovules au nombre de quatre, cinq, enchâssés dans la masse du parenchyme, très lacuneux dans les espaces interovulaires, compact et amylifère dans la région centrale traversée par une *couronne libéro-ligneuse concentrique* provenant de la fusion des faisceaux insérés sur les faisceaux staminaux.

Ovule volumineux du type normal et très caractérisé ; deux téguments plus épais que dans les genres voisins renflés autour de leur micropyle, l'externe dépassant de beaucoup l'interne ; le premier composé de deux assises, de cellules ; le second de trois assises ; celle en contact avec le nucelle, épaissie sur les faces internes et radiales des cellules. Nucelle à sac embryonnaire fusiforme occupant toute la longueur de l'ovule.

Graine. — Bitégumentée, l'assise externe non papilleuse, la suivante oxalifère, les plus internes complètement écrasées. Albumen oléagineux et aleurique, parois cellulaires légèrement épaissies.

Embryon occupant dans la graine un volume relativement plus grand que ce que nous avons observé ailleurs.

24. ANAGALLIS.

Environ douze espèces en Europe, dans le Nord et le Sud de l'Afrique, l'Asie occidentale, l'Amérique du sud extratropicale.

Section I. — **Eu anagallis.**

A. cœrulea Lam.

Racine. — Racine principale à structure binaire normale. En raison de la persistance de la racine principale, productions libéro-ligneuses abondantes masquant bientôt la lame ligneuse diamétrale bipolaire. Les ramifications de deuxième et troisième ordre forment un chevelu de radicelles à structure binaire, pauvre en productions secondaires. Il n'y a guère formation de racines latérales sur la tige.

Tige. — Dans les entre-nœuds adultes, la tige principale et ses ramifications ont la même structure générale.

Épiderme avec stomates et poils ; parenchyme chlorophyllien homogène avec endoderme subérifié, cloisonné radialement. Système conducteur en couronne continue présentant un péricycle unisérié cellulosique continu, quatre faisceaux libéro-ligneux situés en regard des angles de la tige et reliés entre eux, au milieu des nœuds, par une bande de tissu criblé et de sclérenchyme secondaire ponctué ; moelle parenchymateuse homogène. Aux nœuds, la trace foliaire s'insère par deux faisceaux latéraux sur les faisceaux de la tige. Les vaisseaux primitifs de tous ces faisceaux sont disposés en files radiales tout à fait régulières, dénotant une origine cambiale secondaire.

Feuille. — A la base de la tige, les feuilles sont opposées, plus haut, alternes, rapprochées par deux, de forme ovale acuminée, à bord entier.

Pétiole. — Très réduit, sa longueur ne dépassant pas 1 millimètre. Section transversale demi-circulaire. Poils nombreux, tri-cellulaires capités, cellule terminale sphérique quelquefois en massue, parois cutinisées. Parenchyme normal différencié en gaine endodermique autour des faisceaux.

Système conducteur : trace foliaire unifasciculée, insérée sur les faisceaux de la tige par deux branches ; section demi-circulaire ; fibres primitives externes unisériées, interrompues fréquemment par des éléments criblés ; tissu criblé en bande mince, embrassant latéralement le bois, éléments par groupe de deux cellules ; un tube criblé à différenciation nacrée, une cellule compagne ; bois à section flabelliforme, files radiales de vaisseaux entremêlés d'un petit nombre de cellules parenchymateuses cambiformes, quelques fibres primitives internes.

Limbe. — Épiderme semblable sur les deux faces, les poils étant seulement plus nombreux sur la face externe, la face interne n'en ayant guère qu'à la base. Cellules épidermiques à parois radiales fortement sinueuses et épaissies aux courbures elliptiques ou rectangulaires, en sections transversales, relativement volumineuses, allongées radialement dans la région de la nervure médiane. Cellules de la face interne plus volumineuses, cellules marginales très grandes. Paroi externe épaissie. Cuticule mince, non striée. Stomates : très abondants et également distribués sur les deux faces, parfois légèrement proéminents, orientés dans le sens longitudinal ; entourés par quatre, quelquefois cinq, rarement trois cellules ; parois de l'ostiole épaissie sauf au rétrécissement médian. Poils tri-cellulaires capités, à cellule terminale sphérique simple ou surtout divisée radialement, nombreux sur la face externe.

Mésophylle à peine bifacial, comprenant quatre assises de cellules ; vers la face interne, une assise de cellules cylindriques à peine plus longues que larges, comprenant entre elles des méats abondants et des lacunes sous-stomatiques. Trois rangs de cellules rameuses, lacunes peu volumineuses, sauf sous les stomates. Chloroplastes ellipsoïdes peu serrés ; vers le sommet et les bords l'épaisseur diminue. Fréquemment il n'y a pas de cellules palissadiques ; gaine de parenchyme tannifère autour des faisceaux. Système conducteur comme dans les *Lysimachia*.

Pédoncule floral. — Type *Lysimachia Ephemerum*. — Épiderme à cellules volumineuses, paroi externe épaisse et très bombée. Parenchyme cortical chlorophyllien mince. Péricycle formé de un à deux rangs de fibres primitives lignifiées. Bien au-dessous de la fleur la section devient polygonale et l'appareil conducteur suit cette forme. Dans le réceptacle floral la couronne libéro-ligneuse se sépare en dix faisceaux dont cinq divergent rapidement pour devenir la nervure médiane des sépales. Les faisceaux sur le reste de leur parcours se comportent comme dans tous les cas observés précédemment.

Calice. — Cellules épidermiques allongées, sinueuses. Stomates abondants. Poils nombreux, surtout à la face externe ; vers les bords

Fig. 82. — *Anagallis arvensis*. Coupe transversale des téguments de l'ovule (gr. = 400).

portion membraneuse constituée par les épidermes accolés. Mésophylle homogène, parenchyme rameux très chlorophyllien. Système

conducteur : nervure médiane et nervures marginales à ramifications parallèles.

Corolle. — Type *Lysimachia Ephemerum.*

Étamine. — *Filet.* — Structure typique normale. Épiderme présentant des poils unisériés pluricellulaires, très abondants.

Anthère. — Même structure que dans *Lysimachia.*

Pollen : grains ellipsoïdes.

Ovaire. — Paroi ovarienne. Épiderme typique ; poils courts nombreux à la face externe. Mésophylle mince, formé de deux assises de cellules prismatiques, riches en amidon dans l'assise interne.

Placenta. — La base de la région ovulifère est relevée en gouttière, recouvrant ainsi partiellement la portion inférieure des ovules voisins. Épiderme non caractérisé; parenchyme à cellules arrondies, amylifère dans les cellules périphériques d'abord, puis dans toute la masse. Faisceaux inverses, au nombre de cinq.

Ovule. — Structure typique ; assise cellulaire externe pauvre en protoplasme, tandis que les assises internes ont un gros noyau, un protoplasme dense et *des grains d'amidon volumineux* surtout dans l'assise moyenne du tégument interne, fait que nous observons là pour la première fois (fig. 82).

Graine : structure typique normale. (V. *Primula sinensis*).

Section II. — **Jirasekia** Schmidt.

A. tenella L.

Tige principale. — L'épiderme et l'écorce persistent durant toute la période végétative. Le système conducteur forme une couronne libéro-ligneuse continue diminuant d'épaisseur de la base au sommet, entourant une moelle très étroite dans les entre-nœuds inférieurs.

Épiderme : cellules prismatiques beaucoup plus longues que les cellules du parenchyme cortical. Stomates à parois très épaissies, légèrement proéminents. Poils tri-cellulaires courts, à cellule terminale divisée radialement.

Écorce : parenchyme homogène rempli d'amidon, parois minces. Cellules tannifères nombreuses dans la zone interne. Endoderme : cellules à section elliptique allongées tangentiellement, fortement épaissies sur les faces internes et radiales de la membrane primitive ; section longitudinale deux fois plus longue que dans les cellules du parenchyme cortical avoisinantes. Grandes lacunes aérifères dans les régions nodales et cellules collenchymateuses à l'insertion des feuilles.

Système conducteur : 1° péricycle : une assise de fibres primitives à section elliptique, parois légèrement épaissies ; quelques-unes lignifiées éparses ; 2° tissu criblé : couronne continue de groupes d'éléments criblés et de parenchyme ; division des cellules procambiales en deux, trois, quatre cellules, l'une d'elles seulement devenant un tube criblé ; 3° bois : couronne continue, compacte, formée uniquement de vaisseaux à large diamètre, vaisseaux ponctués vers l'extérieur, spiralés vers l'intérieur. Quatre pointements ligneux primitifs dans le plan d'insertion des feuilles opposées.

Moelle : parenchymateuse très étroite à la base, plus large au sommet.

Anagallis cærulea et *A. tenella* se comportent donc entre elles au point de vue du système conducteur comme *Lysimachia Nummularia* et *L. nemorum*.

Feuille. — *Pétiole.* — Section demi-circulaire concave à la face interne, trace foliaire unique enveloppée par un endoderme normal. Péricycle cellulosique unisérié, interrompu souvent par le tissu criblé très abondant qui enveloppe le bois sur ses faces latérales. Bois peu abondant séparé de l'endoderme par une assise de fibres primitives ; vaisseaux en files radiales et parenchyme abondant. *Limbe* : cellules épidermiques à contours curvilignes légèrement ondulés, deux ou trois fois plus grandes à la face externe qu'à la face interne. Stomates et poils comme dans *A. cærulea*. Mésophylle à peine bifacial : une assise de cellules palissadiques peu allongées et très larges. Trois assises de parenchyme lacunaire peu rameux.

Nervation : comme *A. cærulea*.

Pédoncule floral. — Épiderme à stomates et poils semblables à ceux de la feuille. Écorce très épaisse (trois quarts du rayon total). Parenchyme chlorophyllien dans la zone externe, amylacé dans la zone interne. Endoderme différencié tardivement.

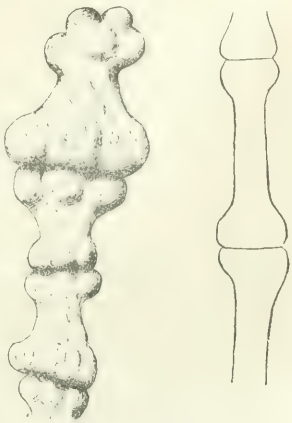


Fig. 83. — Poil staminal d'*Anagallis tenella*.

Système conducteur : péricyle unisérié se lignifiant pendant la fructification. Tissu criblé : couronne continue ou en bandes radiales. Bois : vaisseaux en files radiales, groupés en deux bandes opposées jusque vers le sommet. Au sommet du pédoncule floral ces files se groupent en dix faisceaux libéro-ligneux, cinq sépalaires, cinq pétalaires, sur lesquels viennent

s'insérer dans le réceptacle floral les faisceaux placentaires. Le parenchyme externe, à grandes cellules, augmente d'épaisseur, la section devient pentagonale, les angles correspondent aux nervures médianes des sépales.

Le calice, la corolle, l'anthère, le pistil et le fruit ont la même structure que dans *A. cærulea*. Le filet porte des poils de deux formes; 1° poils courts, tri-cellulaires capités; 2° poils longs unisériés, renflés aux cloisons transversales, les éminences de la paroi d'autant plus fortes qu'on approche du sommet (fig. 83). Faisceaux du placenta à bois généralement externe, quelquefois irrégulièrement orientés : tantôt latéralement, tantôt vers l'intérieur.

25. — CENTUNCULUS L.

Trois espèces dans les contrées tempérées et chaudes du globe.

C. minimus L.

Racine latérale. — Structure binaire normale, écorce mince persistante, endoderme cloisonné radialement. Péricycle unisérié; tissu criblé en deux bandes étroites de chaque côté du massif ligneux central composé d'une lame ligneuse centrale et de vaisseaux secondaires en petit nombre.

Tige. — Épiderme à stomates abondants et poils courts.

Parenchyme cortical homogène, endoderme normal.

Système conducteur en couronne continue. Péricycle unisérié, partiellement lignifié; Liber très mince formé de fascicules d'éléments criblés séparés par des cellules parenchymateuses; bois fréquemment en contact avec le péricycle, huit pointements ligneux primitifs, quatre caulinaires, quatre foliaires.

Feuille. — Cellules épidermiques légèrement ondulées, stomates très abondants sur les deux faces. Poils courts, peu nombreux. Mésophylle bifacial; une assise de cellules palissadiques lâchement unies; sous chaque stomate une grande lacune. Parenchyme rameux peu lacuneux; autour des nervures une assise de parenchyme conducteur. Nervation du type *Lysimachia*. Nervure médiane à section elliptique à grand axe tangentiel; vaisseaux du bois disposés en files radiales séparées par des rayons de parenchyme conducteur.

Pédoncule floral. — Système conducteur en couronne continue, péricycle très mince; liber formé par des bandes très inégales et inégalement reparties de tissu criblé; couronne ligneuse formée par des files radiales de vaisseaux entremêlées de sclérenchyme. Moelle

et écorce très réduites. Épiderme à stomates nombreux et poils tri-cellulaires courts.

Au sommet du pédoncule, la couronne se divise pour donner les cinq faisceaux sépalaires sur lesquels s'insèrent les pétalaires. Un peu plus haut les faisceaux placentaires viennent s'unir aux précé-

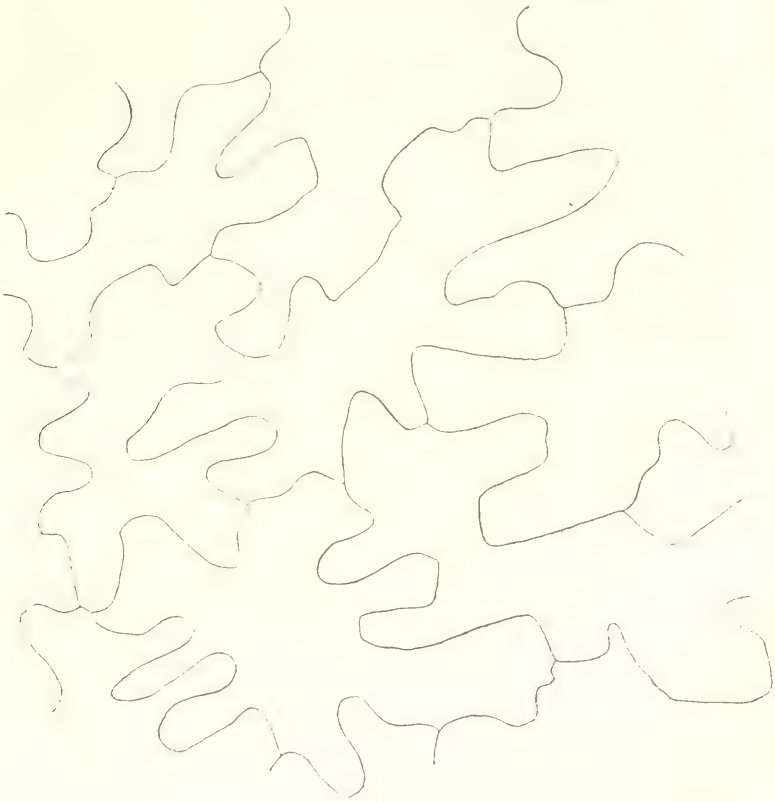


Fig. 84. — *Centunculus minimus*. Épiderme externe du fruit (gr. = 450).

dents. Les différentes pièces de la fleur ne renferment qu'une seule nervure médiane.

Calice. — Épiderme semblable à celui de la feuille. Parenchyme réduit à une assise de cellules en dehors de la région de la nervure médiane unique, ou accompagnée d'une ou deux nervures marginales.

Corolle. — Extrémité des pétales légèrement trilobé, cellules épidermiques non ondulées, quelques poils.

Étamine. — Anthère nettement dorsifixe et oscillante à structure typique normale.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Cellules *épidermiques ondulées sur les deux faces* (fig. 84). Mésophylle mince, formé de cellules prismatiques inégales, sur deux assises.

Dans le fruit la lignification atteint toutes les parois de l'épiderme interne. Ce phénomène se répète jusqu'à mi-hauteur dans le parenchyme à partir de la base du style.

Placenta. — Les ovules sont enfoncés dans la masse globuleuse pédicellée, qui présente par suite une section étoilée. Au centre sur un cercle quatre petits faisceaux inverses, entourés par un parenchyme bourré d'amidon.

Ovule. — Structure tout à fait typique, distincte, par conséquent, de celle des Anagallis par l'absence d'amidon dans l'assise moyenne du tégument interne.

Graine. — L'assise superficielle a ses cellules prolongées en papilles coniques striées à la surface. Albumen oléagineux, cellules polyédriques très régulières à parois minces.

26. — CYCLAMEN

Le genre Cyclamen renferme environ treize espèces disséminées, dans les basses montagnes en général de l'Europe moyenne et tout autour de la Méditerranée.

Il a été l'objet de nombreux travaux. M. Gressner a étudié la germination et le développement (*Bot. Zeitung*, Bd XXXII, 1874). Pour ce savant, le tubercule est l'équivalent morphologique de l'hypocotyle.

Tout récemment, M. Hildebrand a donné une étude morphologique de toutes les espèces du genre (1).

C. neapolitanum Tenore.

Racine principale. — Structure binaire normale.

Racine latérale. — Le nombre des lames ligneuses primaires varie avec le diamètre des racines. Le cylindre central est binaire comme dans la racine principale, dans les racines très étroites naissant sur le tubercule au moment de la germination; il est du type cinq à la base, du type trois vers le sommet des racines insérées sur le tubercule adulte; il y a passage de trois à cinq faisceaux par atrophie d'un cordon libérien. Au centre des parties âgées vaisseaux primaires de seconde formation.

(1) F. Hildebrand, *Die Gattung* Cyclamen, *eine systematische und biologische Monographie.* Iéna, 1898.

Tubercule. — Au moment où le tubercule sort de la graine il a une structure déjà complexe, mais relativement simple si on la compare à celle qu'il présente lorsqu'il a un diamètre horizontal de plusieurs centimètres.

Dans la partie inférieure se prolonge le faisceau conducteur bipolaire de la racine terminale. Les deux massifs libéro-ligneux secondaires de la racine principale se dédoublent à leur entrée dans le tubercule de manière à donner quatre faisceaux libéro-ligneux disposés sur un cercle et d'abord très rapprochés. Brusquement le cylindre central s'élargit par le cloisonnement rapide des cellules parenchymateuses entourant ces faisceaux. Un certain nombre de vaisseaux primaires s'unissent latéralement avec les faisceaux secondaires voisins, d'autres s'élèvent plus ou moins haut dans le tubercule, se terminent librement ou s'anastomosent comme les premiers. Les quatre faisceaux secondaires primitifs se divisent plusieurs fois dichotomiquement, leurs divisions se ramifient à mesure que le tubercule grossit, de telle sorte qu'une section transversale d'un tubercule âgé présente de la périphérie au centre : 1° un épiderme muni de poils, épiderme qui peut être remplacé par un liège d'origine corticale ; 2° une écorce parenchymateuse, riche en amidon, parsemée de cellules sécrétrices à contenu granuleux tannifère ; 3° un cylindre central comprenant un cercle de faisceaux libéro-ligneux d'autant plus abondants que le tubercule est plus âgé et un parenchyme amylifère très abondant dans la région péricyclique et médullaire.

Vers le sommet, les faisceaux libéro-ligneux se réunissent les uns aux autres, pour former successivement les traces foliaires.

Tige aérienne. — Parfois le bulbe des Cyclamens se prolonge en une tige cylindrique rhizomateuse portant des feuilles et des fleurs.

La structure de cette tige rappelle assez la structure de la tige de *Primula sinensis.*

Épiderme exfolié de bonne heure par le fonctionnement d'une assise génératrice subéro-phellodermique très active, débutant dans la région périphérique de l'écorce.

Liège. — Épais en cellules prismatiques tabulaires, parois minces.

Parenchyme secondaire d'épaisseur variable, formant parfois presque toute l'écorce, cellules tantôt disposées en files radiales, tantôt sans ordre bien apparent, à parois épaissies ponctuées à la face externe du système conducteur ; endoderme normal.

Système conducteur : Les entre-nœuds sont très courts et sur une hauteur de quelques millimètres la disposition de l'appareil conducteur varie beaucoup comme le montrent les schema ci-contre (fig. 85), de coupes prises à environ un millimètre les unes des autres.

Tantôt couronne libéro-ligneuse continue (entre-nœuds les moins courts), tantôt bandes libéro-ligneuses disjointes, qui enlèvent à la tige toute symétrie axile. A la base, le bois forme une masse ligneuse centrale formée par les bandes accolées. Tout l'ensemble se divise

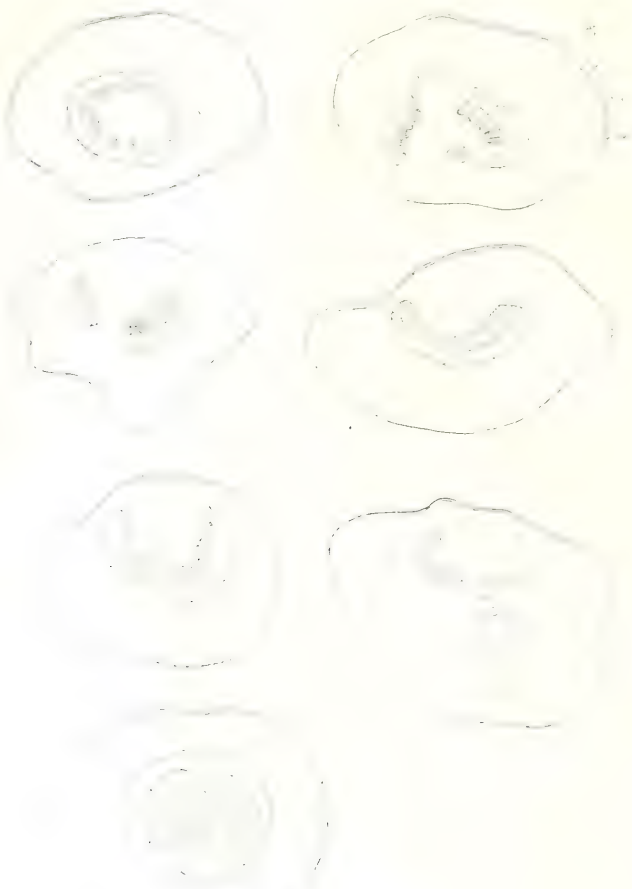


Fig. 85. — *Cyclamen africanum*. Tige aérienne série de sections transversales. *Ep*, épiderme ; *e*, écorce ; *t.cr*. tissu criblé ; *bo*, bois.

ensuite en faisceaux se disposant sur un cercle dans le tubercule. *Liber* : A la périphérie, fibres primitives collenchymatoïdes ponctuées comme dans *P. sinensis* Linal. — Tissu criblé en bandes radiales, séparées par plusieurs files radiales de cellules cambiformes. Assise

génératrice épaisse. *Bois* de même épaisseur que le liber; files radiales régulières de vaisseaux annelés irrégulièrement interrompues par des cellules cambiformes. Parfois entre les bandes libéro ligneuses, vaisseaux annelés tout à fait isolés.

Moelle définie en général, parenchyme à grandes cellules prismatiques ponctuées.

Feuille. — *Pétiole.* — Section presque circulaire vers le milieu. Cellules épidermiques à parois externes convexes et épaissies; stomates peu nombreux, fortement surélevés ainsi que les cellules environnantes.

Parenchyme collenchymateux sous l'épiderme, prismatique à peine chlorophyllien et amylifère.

Système conducteur à section en arc très courbé, les fibres primitives externes et le tissu criblé forment un arc externe au bois à section flabelliforme, des fibres lignifiées occupant le creux laissé par les vaisseaux internes. Cette manière d'être rappelle ce que nous avons mentionné pour le *Primula sinensis.*

Limbe. — Cellules épidermiques internes isodiamétriques à parois radiales rectilignes épaissies et ponctuées. Cuticule ornée de petites stries ondulées dirigées en tous sens, sauf autour des poils où les stries s'irradient autour de la cellule basilaire (fig. 36,4). Poils d'une seule forme, sécréteurs, courts à extrémité bicellulaire longue, parfois dédoublée. Cellules épidermiques externes fortement ondulées. Stomates nombreux à cellules annexes toujours distinctes; poils. Mésophylle bifacial : deux assises de palissades longues, et trois, quatre assises de cellules très rameuses. A la base du limbe cette différenciation du parenchyme n'existe pas en regard de la nervure médiane; sous l'épiderme le parenchyme formé de cellules plus ou moins cylindriques commence par une bande tangentielle de collenchyme.

Pédoncule floral. — Structure anormale. Épiderme avec poils très abondants et quelques stomates. Parenchyme cortical chlorophyllien, collenchymateux sous l'épiderme, très épais, pas d'endoderme subérifié.

Péricycle cellulosique mince, *couronne de tissu criblé festonnée, pénétrant entre les faisceaux ligneux* au nombre de huit à dix vaisseaux en files radiales séparées par des cellules de parenchyme conducteur. Moelle parenchymateuse homogène.

A la base de la fleur les dix faisceaux divergent dans le parenchyme fondamental très abondant, cinq plus externes deviennent cinq nervures médianes des sépales, les cinq autres moins divergents deviennent les nervures médianes des pétales. Sur ceux-ci

s'insèrent à peu près au même niveau cinq faisceaux placentaires vers l'intérieur, et latéralement les deux nervures marginales des sépales.

Calice. — Épiderme à cellules allongées, contours rectilignes, stries cuticulaires ondulées, dirigées en tous sens, stomates et poils nombreux. Mésophylle très épais vers la nervure médiane, diminuant progressivement vers les bords formés d'un parenchyme chlorophyllien méatique, creusé de lacunes sous les stomates. Système conducteur comprenant pour chaque sépale un faisceau médian ramifié et deux nervures marginales; pas d'hydathodes. Nervure médiane à section flabelliforme, fibres primitives externes et tissu criblé en arc mince ; bois abondant au niveau de la séparation des sépales; vaisseaux en files radiales et quelques fibres primitives à leur face interne.

Corolle. — Cellules épidermiques allongées, prismatiques à la base et tout au sommet des pétales, ailleurs très allongées et très sinueuses ; stomates et poils rares.

Parenchyme plus abondant que dans les genres précédents.

Étamine. — *Filet*. — Structure typique normale, parenchyme collenchymatoïde; faisceau concentrique étalé tangentiellement, bois irrégulièrement développé, divisé parfois en deux massifs (fig. 22).

Anthère. — La surface présente de nombreuses émergences,

Fig. 86. — *Cyclamen repandum*. Anthère coupe transversale montrant le mode de formations des émergences : *ep*, épiderme; *em*, émergences.

formées par le cloisonnement de cellules épidermiques (fig. 86). Parenchyme cellulosique du connectif plus abondant que dans les autres genres. Parenchyme mécanique continu autour des sacs polliniques ; épaississements en U dans la région de déhiscence, spiralés ailleurs. Faisceau conducteur concentrique.

Pollen. — Grains ellipsoïdes aplatis aux extrémités du grand axe et suivant trois faces longitudinales.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme typique, cellules à cloisonnement continu. Parenchyme plus épais que dans les autres genres, surtout en regard des nervures. Entre les nervures six, sept assises de cellules au moment de l'anthèse, se divisant activement dans la région interne. Dix faisceaux collatéraux tardivement différenciés, le liber enveloppant partiellement le bois.

Placenta. — Faisceaux concentriques (7...) confluents, le liber formant une couronne de tissu criblé du côté interne où il est plus abondant que du côté externe.

Ovule. — Ovules très nombreux arrondis comme ceux du *Primula officinalis*, portés par un court funicule distinct, complètement enchassés dans le placenta. Même structure que l'ovule de *P. officinalis*, c'est-à-dire tégument interne multisérié.

27. — DODECATHEON L.

Cinq espèces propres aux régions tempérées montagneuses de l'Amérique du Nord et de la région du détroit de Behring en Asie.

D. Meadia L.

Racine principale. — Structure typique normale à cylindre central primaire très étroit.

Racine latérale. — Structure normale : Système conducteur tétrapolaire; lames ligneuses appuyées contre le péricycle unisérié, par trois, quatre vaisseaux.

Radicelles à structure binaire.

Hypocotyle. — Dans la région inférieure structure binaire normale, vers le milieu la lame ligneuse bipolaire se termine, les deux massifs secondaires s'écartent l'un de l'autre et se prolongent dans les cotylédons soudés en tube dans leur région pétiolaire.

Tige. — Structure anormale, que l'on peut rattacher au type du *Primula officinalis.*

Système conducteur formé de bandes libéro-ligneuses formant une couronne continue ou discontinue ; bandes tantôt étalées tangentiellement, tantôt étroites à section ovalaire ou circulaire.

Les lames étalées sont collatérales ou formées par une couronne libéro-ligneuse aplatie. Entre ces deux aspects se présentent tous les termes de passage suivant, que le bois et le liber interne sont plus ou moins développés.

Les cordons ovalaires ou arrondis sont collatéraux ou présentent une particularité remarquable. En certains points les branches du V que forment en section transversale les vaisseaux du bois se ferment de façon à emprisonner une partie du liber. Tout autour de ce liber s'établit un cambium fournissant du tissu criblé vers l'intérieur et des vaisseaux sur sa face externe. De même à la face interne du liber resté à l'extérieur des branches du V, un cambium produit également des éléments libéro-ligneux. Cette double formation du bois et du liber ne se présente qu'en regard des points ou s'insèrent des racines latérales. C'est là l'équivalent physiologique de ce qui se passe dans les Primevères qui, en dehors de leur système libéro-ligneux normal, en couronne continue possèdent un réseau radicifère.

D'ailleurs, s'il y a insertion de racines latérales en face des bandes collatérales ou concentriques étalées, celles-ci présentent le système conducteur surnuméraire bien développé. Au sommet les arcs conduteurs se rapprochent du centre en une couronne continue, puis de nouveau discontinue.

Dans les régions défeuillées un liège sous-épidermique mince

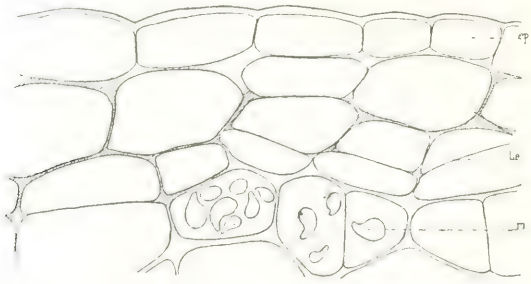


Fig. 87. — *Dodecatheon Meadia* L. Région périphérique de la tige pour montrer la formation du liège sous-épidermique.

occupe la périphérie (fig. 87). Il n'y a pas lieu de distinguer un parenchyme cortical et un parenchyme médullaire ; le parenchyme fondamental est formé de cellules plus ou moins cylindriques à parois épaissies, très riches en amidon.

Feuille. — *Cotylédon.* — Cellules épidermiques ondulées, stomates et poils courts abondants sur les deux faces. Mésophylle bifacial : deux assises de cellules palissadiques vers la face interne et parenchyme prismatique peu méatique à la face externe.

Nervure médiane à section ovalaire large, à liber très abondant.

Feuille. — *Pétiole.* — Section convexe-concave, large dans le sens

du plan de symétrie de la feuille, étroit dans le sens perpendiculaire. Parenchyme cylindrique à cellules très volumineuses, cellules tannifères éparses. Système conducteur semblable à celui des Cyclamens, ramifié dès la base.

Limbe. — Cellules ondulées volumineuses, stomates et poils courts sur les faces. Mésophylle à structure bifaciale moins indiquée à l'état adulte que pendant la formation de la feuille, par suite de l'énorme développement du système lacunaire. Une assise de cellules palissadiques, déjà rameuses et trois assises environ de cellules rameuses laissant entre elles de volumineuses lacunes.

Nervation semblable à celle du *Primula officinalis.* Les ramifications des nervures de second ordre forment un réseau très serré et des terminaisons libres. Il n'y a pas d'arcs marginaux, ce qui rapproche les Dodecathon des Primevères et les éloigne des Lysimaques. Nervure médiane à section elliptique, tout à la base. Fibres primitives externes et internes très abondantes; liber enveloppant partiellement le bois sur ses faces latérales. Bois à vaisseaux rangés en fer à cheval ou en éventail.

Hampe florale. — Structure normale avec vingt à vingt-quatre faisceaux libéro-ligneux.

La hampe florale ainsi que les tiges de deuxième ordre s'insèrent sur la tige principale comme dans le genre *Primula.* L'insertion est toujours latérale et oblique. Entre les faisceaux de la hampe viennent souvent s'interposer des faisceaux foliaires.

Au sommet de la hampe les faisceaux s'étalent et se groupent en arcs libéro-ligneux correspondant aux différents pédoncules floraux. Ces arcs divergent inégalement et sortent suivant une ligne spiralée. Avant que le pédoncule se détache ils se divisent en faisceaux distincts; l'un d'eux, correspondant au milieu de l'arc, plus volumineux que les autres, va constituer la nervure médiane de la bractée florale.

Pédoncule floral. — Toutes les régions sont disposées comme dans la hampe, avec huit faisceaux étalés tangentiellement. Au sommet du pédoncule, deux de ces faisceaux se divisent ; les faisceaux libériens dépassent de beaucoup latéralement les faisceaux ligneux, puis à leur face interne des cellules cambiales produisent des vaisseaux qui élargissent ainsi la lame vasculaire.

Bractée florale. — Forme triangulaire, allongée et étroite. Cellules épidermiques à contours rectilignes, isodiamétriques ou légèrement allongées, curvilignes, légèrement ondulées à la face interne; stomates volumineux ($A = 60\,\mu$ $a = 40\,\mu$) à la face interne seulement. Poils tri-cellulaires, capités, courts, épars.

Parenchyme prismatique à cellules très volumineuses (D = 100 μ). Nervure médiane très peu ramifiée, terminée en hydathode, à section circulaire, liber en îlots séparés par de grandes cellules parenchymateuses; bois formé de larges vaisseaux et de parenchyme.

Calice. — Cellules épidermiques semblables sur les deux faces allongées ou isodiamétriques (D = 80 μ) contours rectilignes, parois uniformément épaissies; cuticule à stries longitudinales parallèles fines et légèrement sinuées. Stomates volumineux, vers le sommet seulement, poils tri-cellulaires peu nombreux.

Parenchyme prismatique homogène à la base, rameux vers le sommet, amidon abondant, cellules tannifères éparses. Système conducteur : nervure médiane terminée en hydathode, nervures de second ordre parallèles à la première; *pas de nervures marginales.* Structure normale, fibres péridermiques externes lignifiées à la fructification.

Corolle. — Structure semblable à celle des Primevères et des *Primuloidées* en général.

Ovaire. — *Paroi ovarienne.* — Épiderme externe à cellules polygonales de face, sans poils, ni stomates. Mésophylle épais, prismatique dont les rangées internes s'épaississent et se lignéfient au moment de la fructification. Épiderme externe à cellules étroites et allongées.

A la base, dix faisceux libéro-ligneux, se ramifiant abondamment sous l'épiderme interne.

La lignification se fait de la base au sommet et de la face externe à la face interne, sauf le long des dix faisceaux libéro-ligneux.

Placenta de forme régulièrement conique avec prolongement dans le canal stylaire.

Ovules très nombreux, structure typique normale.

Graine. — *Deux téguments*; assise externe non papilleuse, *à paroi externe épaisse*; assise sous-jacente à parois épaissies sauf l'externe, lumière des cellules remplie par un cristal d'oxalate de calcium. Les trois assises du tégument interne sont complètement écrasées.

Albumen abondant à cellules bourrées d'huile et d'aleurone en grains extrêmement ténus, noyau volumineux, membranes parfois très épaisses, fournissant ainsi une réserve cellulosique abondante. Autour de l'embryon, couche de cellules vides complètement écrasées.

Embryon occupant toute la longueur de la graine; *portion axile paraissant d'autant plus longue que les cotylédons sont soudés en un tube.* Déjà dans les cotylédons et dans leur portion libre, le tissu

méristématique qui les constitue présente une légère différenciation bifaciale.

28. — CORIS L.

Deux espèces méditerranéennes.

Coris Monspeliensis L.

Racine. — *Racine principale.* — (D. = 0 mm. 5). Assises pilifère et subéreuse normales ; parenchyme cortical à cellules volumineuses dans la zone moyenne, toutes sériées radialement sauf l'externe ; endoderme normal. Cylindre central binaire à lame ligneuse primaire enveloppée par le bois secondaire fibreux et dense ; liber en deux arcs accolés au bois secondaire très nacré dans la zone externe.

Racine latérale. — (Diamètre = 1 mm. 5). — Assise pilifère pourvue de poils longs ; assise subéreuse *partiellement lignifiée* ; parenchyme cortical épais, sérié radialement dans la zone interne, endoderme à membranes épaissies ; amidon abondant. Cylindre central à cinq lames ligneuses primaires n'atteignant pas le centre, cinq fascicules de tissu criblé ; à la face interne de chaque faisceau libérien, formations libéro-ligneuses secondaires. Moelle parenchymateuse homogène.

Tige. — *Axe hypocotylé.* — Dans la région inférieure, même structure que la base de la racine principale. Épiderme muni de stomates et de poils courts. Parenchyme cortical chlorophyllien homogène ; endoderme à cadre tangentiel subérifié. Système conducteur primaire bipolaire, dans lequel les productions libéro-ligneuses secondaires prennent rapidement un grand développement. Au sommet, les cellules centrales du cambium vasculaire ne se transforment pas en vaisseaux, donnent des cellules de parenchyme ; il y a alors indication d'une moelle. Les vaisseaux primitifs s'unissent latéralement avec les premiers vaisseaux du système secondaire et la structure de tige est constituée.

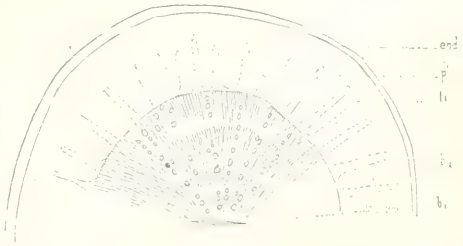


Fig. 88. — *Coris monspeliensis.* Coupe transversale schématique d'un axe hypocotylé agé de plusieurs années ; *ti*, lames rayonnantes de tissu criblé ; b_2, couches successives de bois secondaire ; *end*, endoderme ; *pl*. parenchyme libérien ; b_1, bois primaire.

La racine principale et l'hypocotyle sont vivaces et prennent un diamètre considérable. Le bois est alors sous forme de zones annuelles comme dans les tiges des arbres (fig. 88).

Tige. — La structure ne s'écarte pas du type dicotylédoné normal. Dans un entre-nœud adulte quelconque, on observe toujours de la périphérie au centre : un épiderme avec poils et stomates, une écorce parenchymateuse homogène, une couronne libéro-ligneuse continue et une moelle parenchymateuse homogène.

Épiderme à cellules cloisonnées radialement pour suivre l'accroissement du système libéro-ligneux secondaire ; poils *n*-cellulaires longs. Parenchyme cortical, lacuneux, cloisonné radialement. Péricycle mince, lignifié partiellement à la base seulement de la tige. Liber des tiges âgées disposé en bandes radiales larges, séparées par des rayons de parenchyme secondaire ; dans les tiges de l'année, disposition normale : îlots d'éléments criblés disposés en couronne continue ; bois en zones concentriques de vaisseaux et de fibres lignifiées. Dans les tiges de l'année, la distribution des vaisseaux et du parenchyme lignifié présente une disposition remarquable : vers l'intérieur, un *anneau de vaisseaux* formant *n* pointements entourés de fibres primitives et à la périphérie *un anneau exclusivement composé de parenchyme ligneux*. En approchant du sommet, le parenchyme ligneux augmente un peu et les vaisseaux diminuent proportionnellement au diamètre de la tige.

Feuille. — Cellules de l'épiderme externe allongées et légèrement sinuées, celles de l'épiderme interne à parois rectilignes et polygonales, presque isodiamétriques examinées de face. Stomates et poils nombreux. Mésophylle centrique ; sous l'épiderme, environ trois assises de cellules palissadiques très méatiques. Nervure médiane et ses ramifications étalées tangentiellement, celles des bords ont leur faisceau ligneux tourné vers les bords et non vers la face interne (fig. 89). De chaque côté de la nervure médiane et vers le sommet, le parenchyme est creusé d'une cavité fusiforme remplie partiellement d'un contenu granuleux tannifère ; cavité bordée par des cellules très aplaties.

Cotylédon. — Mésophylle à structure bifaciale normale, tissu palissadique interne très méatique, tissu rameux peu lacuneux. Les cotylédons s'insèrent sur l'hypocotyle dans le plan de la lame ligneuse primaire.

Pédoncule floral. — Même anatomie générale que la tige vers le sommet, avec dix pointements ligneux primitifs.

A la base de la fleur, la couronne libéro-ligneuse se partage en dix faisceaux ligneux collatéraux, *tous destinés au calice*. Au niveau

de leur séparation bien nette, s'insèrent les faisceaux placentaires par cinq bandes radiales. L'espace qui sépare les insertions du calice et de la corolle est plus long que dans les autres genres, il y a là

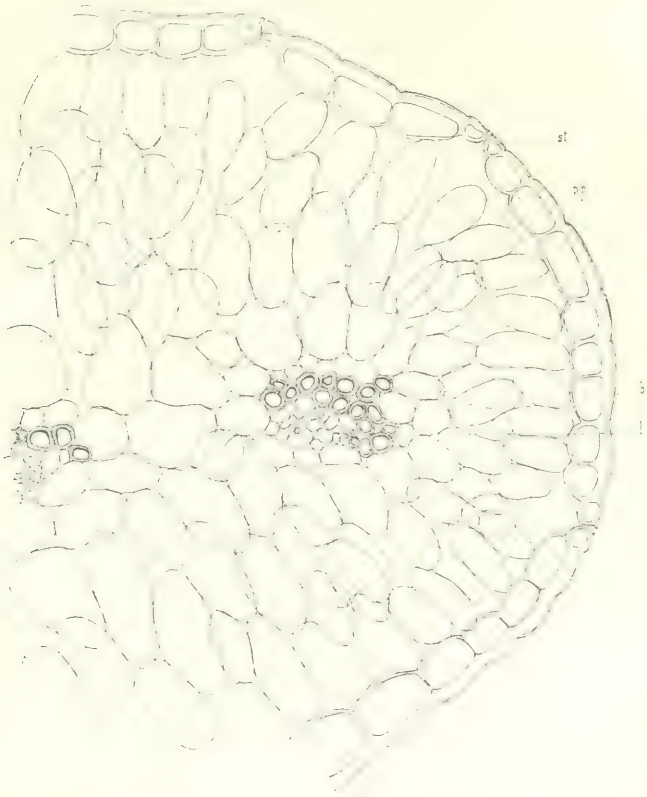


Fig. 89. — *Coris monspeliensis.* Feuille : coupe transversale dans la région marginale; *st*, stomates; *pp*, parenchyme palissadique centrique; *b*, bois; *l*, tissu criblé (gr. = 450).

une sorte d'entre-nœud qui fait que les faisceaux pétalaires s'insèrent sur les faisceaux placentaires, puis sur ceux-ci encore, les faisceaux ovariens.

Calice — Cellules épidermiques ondulées. Stomates nombreux. Poils nombreux, unisériés ou ramifiés. Mésophylle lacuneux à cellules plus rameuses au sommet qu'à la base. Dans la région où les sépales se rabattent vers l'intérieur, le parenchyme est nettement palissadique sur plusieurs assises. Nervures à structure très spéciale : bois composé de quelques vaisseaux à la partie interne et

de fibres épaisses non ponctuées; liber très réduit (fig. 90). Les fibres se prolongent dans les épines externes que porte le calice; elles en forment pour ainsi dire toute la masse.

Corolle. — Cellules à contours curvilignes ondulés, légèrement papilleuses à la face interne; poils *n*-cellulaires capités. Mésophylle compact à la base, rameux au-dessus de l'insertion des étamines. — Nervures médianes et nervures intercalaires concentriques à la base, puis collatérales, le bois pouvant présenter dans ce dernier cas une différenciation rayonnante.

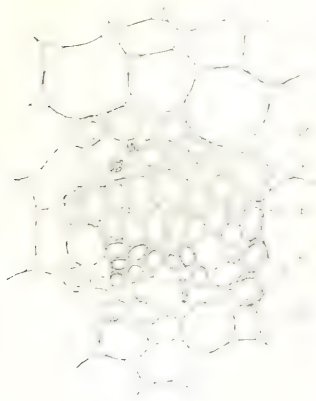


Fig. 90. — *Coris monspeliensis*. Calice : faisceau médian, coupe transversale; *scl*, sclérenchyme; *li*, tissu criblé; *b*. bois.

Étamine. — *Filet*. — Cellules épidermiques finement ondulées; deux formes de poils : 1° *n*-cellulaires, longs; 2° tri-cellulaires courts à cellule terminale souvent divisée. Parenchyme prismatique entourant un faisceau concentrique à éléments peu différenciés, se continuant dans l'anthère à l'état de méristème vasculaire.

Anthère. — Parenchyme mécanique caractéristique comprenant une seule assise de cellules tout autour des sacs; les épaississements en U sont soudés à leur base de manière à figurer des tabourets à nombre variable de branches ouvertes vers l'extérieur. Parenchyme prismatique central à section losangique. Pollen en longs, grains ellipsoïdes allongées (A = 45 μ, a = 20 μ) à surface finement réticulée.

Ovaire. — *Paroi ovarienne*. — Cellules épidermiques à contours rectilignes isodiamétriques vues de face du côté externe, allongées et très étroites à la face externe; pas de stomates. Poils *n*-cellulaires dressés verticalement, très nombreux, formant un vrai feutrage à la face supérieure.

Mésophylle renflé en bourrelet à la base; cellules polyédriques à la base, puis prismatiques, tabulaires dans le reste de la paroi, renfermant des amas de malophosphate de calcium après séjour dans l'alcool.

Style. — Épiderme prismatique présentant quelques poils.

Placenta. — Dans le pédicelle, les cordons libéro-ligneux concentriques se fusionnent plus ou moins en une colonne libéro-ligneuse centrale irrégulière : le parenchyme y est formé de cellules prisma-

tiques riches en protoplasme. Dans la portion globuleuse, les faisceaux conducteurs se rabattent brusquement sans atteindre le niveau des ovules. Parenchyme rempli de gros grains d'amidon.

Dans la portion inférieure rabattue autour du sommet du pédicelle, l'épiderme est papilleux et porte de rares poils longs. La portion supérieure porte quatre ovules et s'enfonce légèrement dans le canal stylaire.

Ovule. — Structure typique avec tégument interne multisérié, dépassant de beaucoup le tégument externe de manière à former un bec dans la région micropylaire.

Graine. — Structure typique. Assise périphérique formée de cellules prolongées en papilles, à extrémité arrondie, très longues. Assise sous-jacente oxalifère comme dans toutes les autres Primulacées, mais formées par des cellules environ quatre fois plus allongées radialement que dans le cas normal ; les parois sont épaissies de manière à laisser une lumière en forme d'entonnoir, la partie élargie tournée vers l'extérieur, renfermant le cristal d'oxalate de calcium. Embryon très étroit, constitué comme dans les autres genres : toutes les cellules de l'écorce, sauf l'assise sous-épidermique de l'axe hypocotylé sont disposées en séries radiales et concentriques.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Dans la deuxième et la troisième partie de mon travail, j'ai synthétisé les résultats généraux fournis par l'étude anatomique des Primulacées. Pour servir de conclusion à cette étude, je vais signaler ici les principaux de ces résultats. Ils peuvent se grouper sous trois chefs : 1° considérations sur la systématique et la biologie des Primulacées ; 2° anatomie des Primulacées ; 3° considérations intéressant l'anatomie des Phanérogames.

1° Considérations sur la systématique et la biologie des Primulacées.

La famille des Primulacées se divise en deux sous-familles : les Primuloïdées et les Lysimachioïdées, aussi bien caractérisées par leur morphologie interne que par leur morphologie externe.

Les Primulacées sont essentiellement des plantes hygrophiles. Néanmoins dans les deux sous-familles, il y a des genres xérophiles, présentant dans leurs détails de structure des caractères dus à l'influence du milieu. Des deux côtés, il y a un type de structure hygrophile et un type de structure xérophile.

Primuloïdées hygrophiles. — Par le nombre des espèces qu'il renferme, par sa grande extension, par sa plasticité qu'indique une assez grande variabilité de l'appareil végétatif, c'est le genre *Primula* qui doit être considéré comme le genre nodal de la famille.

Autour du genre *Primula* viennent se ranger, par séries, des groupes de genres à affinités très étroites : 1° les

genres *Cortusa*, *Kaufmannia*, *Ardisiandra* et *Stimpsonia* que l'on pourrait considérer comme des sous-genres de *Primula*, tant les caractères morphologiques différentiels sont faibles, et tant les caractères anatomiques sont semblables; 2° les genres *Pomatosace* et *Hottonia* qui doivent au milieu aquatique leur port, la forme de leur feuille, la structure de leur tige; 3° les genres *Soldanella*, *Bryocarpum*, *Dodecatheon*, étroitement unis entre eux par les caractères tirés de la feuille, de l'inflorescence et de la fleur.

Androsace renferme des espèces hygrophiles qui passent insensiblement au genre *Primula* au point d'en être difficilement distinguées, aussi bien par la morphologie que par l'anatomie et des espèces xérophiles qui forment le trait d'union aux *Aretia*.

Au point de vue systématique, le genre *Cyclamen* fait partie du même groupe que *Soldanella*, *Bryocarpum* et *Dodecatheon*, mais par l'abondante réserve d'eau que renferme son tubercule, il peut résister longtemps à la sécheresse. Ce mode d'adaptation portant sur une partie seulement de l'appareil végétatif est différent de ce qui se passe dans les autres espèces xérophiles de la famille.

Primuloïdées xérophiles. — L'adaptation a imprimé aux genres *Dionysia*, *Aretia*, *Douglasia*, un port et une structure tout à fait uniformes. Entre les *Aretia* et *Douglasia* d'une part, et le genre *Primula* d'autre part, se trouve toute une série d'*Androsace* dont les termes extrêmes sont hygrophiles ou xérophiles et servent de trait d'union entre les Primuloïdées xérophiles et les Primuloïdées hygrophiles. Par les caractères floraux *Dionysia* se rattache directement au genre nodal.

Lysimachioïdées. — La plupart des Lysimachioïdées sont vivaces et hygrophiles. Par la présence de rhizomes qui végètent dans le sol humide, elles nous paraissent mieux adaptées que les Primuloïdées hygrophiles, dont la tige se détruit rapidement dans sa partie souterraine.

C'est vraisemblablement le genre *Lysimachia* qui a servi

de point de départ à une série de divergences qui nous conduisent aux *Anagallis*, aux *Coris*, aux *Samolus* et au *Glaux*.

Les *Anagallis* se relient aux *Lysimachia* par le *L. nemorum*. *Coris* est un type xérophile qui est aux *Lysimachia* ce que les *Aretia* sont aux *Primula*, avec une différenciation morphologique et biologique plus grande de la fleur. *Glaux* et *Samolus* ont acquis des caractères morphologiques qui les éloignent plus des *Lysimachia* que les genres précédents ; mais les caractères qui nous ont servi à distinguer les Primuloïdées et les Lysimachioïdées s'y retrouvent toujours.

Les genres *Steironema*, *Naumburgia* et *Lubinia* sont tellement voisins du genre *Lysimachia* qu'il serait rationnel de les rattacher à ce dernier comme des sous-genres.

Par ses caractères anatomiques, le genre *Trientalis* ne s'éloigne pas des *Lysimachia*, mais le nombre des pétales passe souvent à sept, quelquefois à neuf, et les feuilles végétatives sont groupées en verticille au sommet de la tige. Cette variabilité du nombre des pétales nous autorise à accorder une importance toute secondaire à ce caractère. Le groupement des feuilles au sommet de la tige est vraisemblablement un résultat d'adaptation. Les *Trientalis*, poussant généralement dans les forêts froides, s'élèvent peu au-dessus du sol et la partie inférieure de leur tige est plus ou moins enfouie sous les débris de feuilles qui jonchent le sol.

Les genres *Apocoris*, *Asterolinum*, *Pelletiera* et *Glaux* renferment des espèces de petite taille, habitant toutes des stations plus ou moins xérophiles. *Apocoris* vient dans les champs arides des environs de Pékin. *Asterolinum stellatum* est fréquent dans les terrains calcaires incultes de la région méditerranéenne. Les deux espèces de *Pelletiera* que nous avons examinées provenaient des environs de Montevideo, où elles poussaient au milieu de *Medicago* qui les recouvraient et drainaient le sol. *Glaux maritima* est caractéristique des lieux salés, où l'absorption de l'eau est rendue difficile par la présence du chlorure de sodium.

La corolle subit des variations considérables dans ces

quatre genres. Les pétales deviennent complètement libres dans *Apocoris* et *Pelletiera*; c'est là une tendance générale des Lysimachioïdées par rapport aux Primuloïdées. La corolle se réduit considérablement dans *Asterolinum* pour disparaître complètement dans *Glaux*.

En résumé, les Lysimachioïdées sont supérieures en organisation aux Primuloïdées. Ces deux groupes sont essentiellement hygrophiles et toutes les différenciations morphologiques profondes de l'appareil végétatif qui séparent des genres *Primula* et *Lysimachia* les autres genres de la famille doivent être attribuées à l'influence xérophile du milieu.

2° Caractères anatomiques de la famille.

Racine principale. — La racine principale est binaire, le bois y forme au centre une lame vasculaire bipolaire. Sa durée est faible dans les espèces hygrophiles, les deux faisceaux libéro-ligneux secondaires y sont peu développés, tandis que dans les espèces xérophiles, la racine peut durer longtemps et les productions secondaires devenir très abondantes, en formant une masse cylindrique pleine, englobant le bois primaire central.

Racines latérales. — Le nombre des lames vasculaires varie dans les racines latérales avec leur diamètre. Celles qui se développent au moment de la germination sur l'hypocotyle sont binaires. Celles qui naissent sur les rhizomes ou les tiges appartiennent généralement au type cinq. Sauf dans les types xérophiles, le bois et le liber secondaires sont peu abondants, le cambium fonctionne à la face interne du liber primaire, donnant surtout du tissu criblé et fort peu de vaisseaux.

Axe hypocotylé. — Sauf l'assise périphérique qui présente les caractères d'un épiderme de tige, l'axe hypocotylé a, sur presque toute sa longueur, la même structure que la racine principale avec un développement un peu plus considérable des productions libéro-ligneuses secondaires. Vers

l'insertion des cotylédons, les vaisseaux primaires les plus âgés sont écrasés et les vaisseaux centraux viennent s'unir aux vaisseaux secondaires situés de part et d'autre de la lame ligneuse primaire.

Tige. — Sauf un certain nombre d'espèces du genre *Primula* devant constituer le genre *Auricula* d'après M. Van Tieghem, sauf les espèces des genres *Bryocarpum* et *Dodecatheon*, la tige comprend : un épiderme avec stomates et poils, une écorce parenchymateuse primaire, riche en amidon et cellules tannifères, un système conducteur en couronne continue dans les entre-nœuds âgés, et une moelle parenchymateuse. Le système conducteur comprend : 1° un péricycle plurisérié, généralement parenchymateux dans les Primuloïdées, généralement lignifié dans les Lysimachioïdées ; 2° un anneau continu de tissu criblé et de tissu vasculaire. Le péricycle tire son origine du méristème vasculaire et doit être rattaché au liber, à la même tige que les fibres vasculaires primitives qui sont rattachées au bois.

Dans quelques *Primula*, dans le *Bryocarpum himalaicum*, dans les *Dodecatheon*, il se développe aux dépens des cellules péricycliques un système libéro-ligneux surnuméraire, sur lequel s'insèrent les racines et qui a reçu le nom de réseau radicifère.

L'anatomie des tiges de Primevères a été expliquée et interprétée par M. Van Tieghem. Chaque stèle ne constitue pas pour nous l'équivalent anatomique du cylindre central des tiges normales. Ces stèles sont à nos yeux des faisceaux concentriques anastomotiques.

Le sommet végétatif est constitué par un méristème homogène, recouvert par le dermatogène. Il nous a été impossible de reconnaître des cellules initiales propres à l'écorce et au cylindre central.

Feuille. — La feuille a une structure bifaciale dans les types hygrophiles et une structure plus ou moins centrique dans les espèces xérophiles.

Sauf dans les espèces citées plus haut à propos de l'ano-

malie de structure de la tige, la trace foliaire est unifasciculée à sa base, la ramification est pennée.

La nervure médiane se termine toujours en hydathode. Dans les Primuloïdées hygrophiles, les nervures de deuxième ordre et souvent d'ordre supérieur se terminent de la même manière, tandis que dans les Lysimachioïdées, les nervures de second ordre sont réunies entre elles par des arcs marginaux. Chaque nervure comprend des fibres péridesmiques externes sur plusieurs assises, une lame de tissu criblé, une lame de tissu vasculaire flabelliforme et quelques fibres péridesmiques internes cellulosiques. L'épiderme est formé de cellules épidermiques ondulées avec stomates et poils nombreux.

Pédoncule floral. — Dans les Primuloïdées, les faisceaux libéro-ligneux sont distincts; dans les Lysimachioïdées, ils ne sont pas définis et forment une couronne continue.

Le parcours des faisceaux dans le réceptacle floral est uniforme, sauf dans *Glaux maritima* et *Coris monspeliensis*. Le fait le plus saillant est l'insertion des faisceaux placentaires sur la base des faisceaux sépalaires et pétalaires médians. Ces faisceaux placentaires sont concentriques dans les Primuloïdées et collatéraux inverses dans les Lysimachioïdées.

Calice. — Les sépales dans leur partie libre renferment toujours une nervure médiane, prolongement direct d'un faisceau du pédoncule floral, et deux nervures marginales qui s'insèrent sur les faisceaux pétalaires médians au sommet du réceptacle floral, après s'être réunis en un seul faisceau. Le parenchyme est généralement rameux, très riche en chlorophylle. L'épiderme interne porte un plus grand nombre de stomates que l'épiderme externe, fait en rapport avec la sécheresse plus ou moins grande de l'air au moment de la fructification.

Corolle. — Le système conducteur de la corolle est semblable à celui du calice, avec une ramification plus abondante des nervures. Les faisceaux marginaux s'insèrent sur

les faisceaux sépalaires médians, au sommet du réceptacle floral, après s'être réunis en un seul faisceau. Le parenchyme est formé de cellules tabulaires rameuses dans le plan du limbe. Nous avons vu comment l'épiderme du limbe caractérise les deux sous-familles.

Étamine. — L'anthère est bifide dans les Primuloïdées, mucronée dans les Lysimachioïdées. Des deux côtés le parenchyme mécanique est formé de cellules munies d'épaississements en U ou spiralées. Le faisceau conducteur est concentrique dans toute son étendue ; il s'insère sur le faisceau pétalaire médian qui devient concentrique sous l'insertion, de telle sorte qu'il serait plus rationnel de considérer comme faisceau staminal cette partie inférieure du faisceau pétalaire et de dire que la nervure médiane de la corolle s'insère sur le faisceau staminal.

Ovule et Graine. — L'ovule et la graine ont une structure tout à fait caractéristique. Le tégument externe comprend partout le même nombre d'assises. Dans un petit nombre de cas le tégument interne a plus de trois assises. Le tégument externe de la graine fournit le caractère le plus constant de la famille. Il ne présente aucune exception.

3 Considérations intéressant l'anatomie générale des Phanérogames.

Le type de structure des Primulacées ne s'écarte pas dans son ensemble du type dicotylédone normal et à ce titre il est permis d'étendre à tout ce groupe certaines conclusions suggérées par l'étude des Primulacées, ou tout au moins de poser des problèmes tendant à généraliser ces conclusions.

1. Le cylindre central de la racine doit être considéré comme un faisceau conducteur libéro-ligneux et non comme une série de faisceaux ligneux et de vaisseaux libériens. Ce faisceau présente *n* centres de différenciation ligneuse et *n* centres de différenciation libérienne.

II. La valeur morphologique de la tige en tant qu'organe axile n'est pas comparable à la valeur morphologique de la racine. Des coupes faites au sommet des tiges ne montrent jamais un cylindre central nettement défini. A ce niveau, le système conducteur de la tige est toujours dans le prolongement direct des traces foliaires. Nous nous rangeons à la manière de voir des botanistes qui considèrent la tige non comme un membre homogène, mais comme une association de rachis phytonaires.

III. Il n'y a pas lieu de distinguer le bois primaire du bois secondaire dans la tige; les premiers vaisseaux se différencient aux dépens d'un cambium à cloisonnements tangentiels et non aux dépens de cellules procambiales.

Ce travail a été fait au laboratoire de recherches de l'Institut de botanique de Montpellier dirigé par M. le professeur Flahault.

Qu'il me soit permis d'adresser à ce savant Maître l'expression de mon affectueuse reconnaissance pour les nombreux encouragements qu'il n'a cessé de me prodiguer.

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DES SIMARUBACÉES

Par M. FERNAND JADIN.

INTRODUCTION

Les recherches que nous avons déjà publiées sur les Anacardiacées et sur les Burséracées, nous ont amené à entreprendre ce travail sur les Simarubacées, famille qui a de nombreuses affinités avec les deux groupes précédents. De plus, en comparant l'énumération des genres faite par les principaux botanistes actuels, nous avons été surpris de la divergence des opinions et de la façon différente dont chacun comprend les limites de cette famille. Ces divergences de vue prouvaient que la morphologie florale et les recherches anatomiques partiellement entreprises n'avaient pu mettre les auteurs d'accord. Dans ces conditions, il nous a semblé utile de reprendre les recherches anatomiques en nous limitant forcément aux organes que l'on se procure assez facilement dans les herbiers. Nous nous sommes appliqué à étudier tous les genres compris dans ce groupe par les divers auteurs, et pour chacun nous avons cherché à nous procurer le plus grand nombre d'espèces. Pour certains genres, lorsque le résultat de nos recherches ne concordait pas avec l'opinion émise par les auteurs qui nous avaient précédé dans leur étude anatomique, nous nous sommes efforcé d'étudier des échantillons d'origine

différente, afin de nous assurer de la légitimité de nos conclusions.

Nos recherches ont porté sur la tige, sur le pétiole et sur la feuille ; dans certains cas, nous avons dû nous contenter du pétiole et de la feuille. C'est presque toujours des tiges âgées d'un ou deux ans que nous nous sommes procurées, afin d'avoir des éléments de comparaison de même ordre.

La famille des Simarubacées étant composée de plantes tropicales, nous avons dû consulter quelques grandes collections et faire appel à la bonne volonté de plusieurs correspondants. Exprimons ici à tous ceux qui ont répondu à nos demandes, et à tous ceux qui nous ont permis de puiser dans les herbiers, notre vive gratitude.

Nous avons eu l'accès le plus libéral dans les collections de plantes sèches ou vivantes du Muséum et nous en remercions bien sincèrement les Professeurs du Muséum de Paris ; MM. Bois et Poisson ainsi que le regretté M. Franchet ont particulièrement facilité notre tâche. Nous devons aussi remercier les savants de Kew et du British Muséum qui ont mis à notre disposition les échantillons des précieuses collections de ces deux grands établissements scientifiques. L'accueil empreint d'une si courtoise cordialité qui nous a été fait en Angleterre par MM. Hemsley, Murray, Stapf et Baker restera toujours comme un vivant souvenir du labeur entrepris. L'herbier de M. Drake del Castillo et le Musée colonial de Marseille nous ont fourni quelques échantillons. M. Pierre a bien voulu nous en offrir un grand nombre ; parmi les correspondants résidant aux pays tropicaux, nous citerons MM. Gages, de Calcutta ; Ikeno, du Japon ; Treub, de Java ; Landes, de la Martinique, qui ont répondu à nos demandes. Que tous reçoivent ici l'assurance de notre profonde reconnaissance. Enfin les collections de l'Institut de Botanique de Montpellier nous ont été ouvertes grâce à M. le Professeur Flahault ; c'est là que nous avons trouvé l'herbier Planchon contenant d'utiles et nombreux spécimens.

Notre travail est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre comprend : l'historique de la famille des Simarubacées. Le second chapitre est une partie générale où, après avoir rappelé les caractères morphologiques externes, et résumé les caractères anatomiques des différents genres, nous discutons les résultats obtenus et exposés dans le troisième chapitre qui demeure la partie testimoniale de ce travail.

HISTORIQUE

Les Simarubacées ont été longtemps considérées comme une tribu des Rutacées.

De Candolle (1) fixe le premier les caractères de cette famille ; pour lui les plantes qu'il y range sont très voisines des Ochnacées. Un peu plus tard, Aug. de Saint-Hilaire (2) reprend l'étude de ces plantes et les rapproche des Rutacées jusqu'à n'en faire qu'une tribu de cette famille. Enfin Ad. de Jussieu (3) se rallie à cette opinion.

Il cite comme faisant partie du groupe des Simarubacées les genres : *Simaba* (incl. *Aruba*) Aubl., *Quassia* L., *Simaruba* Aubl. et *Samadera* Gaertn ; il pense en outre que les genres *Harrisonia* Brown. et *Nima* Hamilt. ont de très grandes affinités avec ces quatre genres. Il donne les caractères suivants comme étant ceux des Simarubées : « Ce sont des arbres ou des arbrisseaux. Leurs feuilles dépourvues de points glanduleux et transparents sont alternes, tantôt simples, tantôt, et plus ordinairement, composées de folioles alternes ou opposées, portées sur un pétiole commun, nu ou plus rarement ailé. Leurs fleurs axillaires ou terminales sont disposées en ombelles, en grappes, ou le plus généralement en panicules. Leur calice se divise en quatre

(1) *Monographie des Ochnacées et des Simarubées* (Ann. du Museum, t. XVII, p. 398-425).

(2) *Mémoire sur le Gynobase*.

(3) *Mémoire sur les Rutacées* (Mém. du Museum, 1825, t. XXII, p. 54).

ou cinq parties, avec lesquelles alternent autant de pétales beaucoup plus longs, qui sont dans la préfloraison, tantôt étalés, tantôt connivents au sommet, et rapprochés en manière de tube. Les étamines en nombre double sont plus courts que la corolle ou plus longs, et saillants hors du tube qu'elle forme. Leurs filets partent chacun du dos d'une écaille ou languette plus ou moins allongée, plus ou moins laineuse, au moyen de laquelle ils s'insèrent à la base d'un gynophore central. Les fleurs sont hermaphrodites si on excepte un seul genre (*Simaruba*), où dans les unes on voit les étamines réduites à un court filet squammiforme, dans les autres, le gynophore a son sommet chargé seulement de cinq lobules à peine visibles. Le pistil, dont la base déborde le gynophore ou est débordé par lui, se compose d'un nombre d'ovaires libres égal à celui des pétales et munis chacun à leur sommet, et du côté interne, d'un style : celui-ci rencontrant presque aussitôt les styles des autres, se soude avec eux en un seul plus ou moins allongé, que termine un stigmate presque égal ou plus large, partagé en cinq lobes tantôt réunis, tantôt distincts. Chaque ovaire renferme un seul ovule suspendu vers le sommet de son angle interne..... Le fruit se compose de plusieurs drupes verticellées sur un support commun, quelquefois réduites à un nombre moindre, ou même à l'unité par avortement; leur forme la plus générale est celle d'un ovoïde, quelquefois un peu comprimé sur ses faces latérales, et souvent relevé le long de sa face interne d'une crête assez aiguë; le sarcocarpe est une couche de chair épaissie ou souvent fort mince, unie ou variqueuse à l'extérieur, et intimement adhérente à un endocarpe ligneux. Ce dernier est pénétré à quelque distance au-dessous du sommet de la loge par les vaisseaux nourriciers de la graine, dont on peut apercevoir le faisceau montant entre lui et l'enveloppe charnue le long de l'axe interne. La graine suspendue à cet angle par un funicule élargi qui s'insère au-dessous de son extrémité supérieure, présente, sous une peau peu épaisse,

un embryon sans périsperme. La radicule regarde le haut et le dedans de la loge ; elle est très courte, et comme retirée entre les cotylédons. Ceux-ci, très épais et charnus, s'appliquent l'un contre l'autre par une face plane, et par une face convexe touchent les parois de la cavité qu'ils remplissent. »

Il nous sera permis de rappeler que parmi les caractères auxquels fait appel de Jussieu, nous en trouvons un qui est d'ordre purement anatomique : c'est celui qui a trait à l'absence de points glanduleux dans les feuilles.

En 1846, J.-E. Planchon (1) publie une revue de la famille des Simarubées, et il développe dans un second mémoire (2) les raisons du nouveau groupement qu'il donne. Il divise la famille des Simarubées en quatre sections :

1° **Section des Simarubées proprement dites.**

Quassia L.
Samadera Gaertn.
Simaba Aubl.
Hannoa Planch.
Simaruba Aubl.
Castela Turp.

2° **Section des Harrisoniées.**

Harrisonia R. Brown.
Lasiolepis Bennett.

3° **Section des Ailanthées.**

Picrasma Bl.
Ailanthus Desf.
Brucea Mill.
Soulamea Lam.
Picrammia Sw.
Picrodendron Planch.

4° **Section des Spatheliées.**

Eurycoma W. Jack.
Spathelia L.
Dictyoloma D. C.

(1) *Revue de la famille des Simarubées* (Lond. Journ. of Botany, V, 1846, p. 560).

(2) *Mémoire sur la famille des Simarubées* (Mém. de la Soc. royale des sciences, belles-lettres et arts d'Orléans, t. VII, 1847).

ce qui fait un total de dix-sept genres. Planchon considère que l'amertume intense est sans aucun doute le caractère le plus général de la famille.

Bentham et Hooker, dans leur *Genera*, augmentent le nombre des genres. En sus de ceux admis par Planchon, ils rangent parmi les Simarubacées les *Mannia*, *Rigiostachys*, *Hyptiandra*, *Holacantha*, *Cneorum*, *Picræna*, *Picrolemma*, *Cneoridium*, *Cadellia*, *Suriana*, *Brunellia*, *Amaroria*, *Irvingia*, *Kirkia*, *Balanites*, *Picrella* et *Kœberlinia*. Ainsi comprise, la famille des Simarubacées comprend trente-trois genres.

Baillon dans son *Histoire des plantes* (1) considère les Simarubacées comme une tribu du grand groupe des Rutacées, et sous le nom de Quassiées y range vingt-sept genres. Pour lui, les genres *Balanites*, *Cneorum* et *Suriana* forment chacun une tribu spéciale des Rutacées au même titre que les Simarubées. Le *Rigiostachys* est une Rosacée, et, acceptant l'opinion émise par Triana et Planchon (2), il regarde le genre *Brunellia* comme une Saxifragacée.

Enfin, dans le *Planzenfamilien*, M. Engler rejette dans les Rutacées tous les genres de Simarubacées pourvues de glandes sécrétrices dans l'écorce de la tige et dans les feuilles.

Or M. Blenk (3) a montré, et nous avons pu vérifier les observations de cet auteur, qu'il existait des glandes sécrétrices dans les *Cneoridium*, *Spathelia* et *Dictyoloma*; il faut remarquer que ces glandes sont en nombre limité dans les espèces de ces deux derniers genres. Ces trois genres appartiennent donc bien aux Rutacées.

M. Engler maintient le genre *Rigiostachys* parmi les Rosacées et classe les *Balanites* dans les Zygophyllacées. Il forme trois

(1) T. IV, p. 404.

(2) *Ann. des Sc. nat.*, 3e série, t. XIV, p. 307.

(3) P. Blenk, *Ueber die durschsichtigen Punkte in den Blättern* (*Simarubaceæ*). Flora, 1884, p. 291-296.

familles distinctes avec les trois genres *Brunellia*, *Cneorum* et *Kœberlinia*. Les Brunelliacées sont placées près des Cunoniacées. Van Tieghem a appuyé l'opinion de M. Engler par de récentes recherches sur les Cnéoracées (1) et les Kœberliniacées (2). Pour lui, les Cnéoracées restent voisines des Rutacées et des Zygophyllacées, tandis que, se basant principalement sur la stratification du liber, stratification qui est en effet très nette, il rapproche les Kœberliniacées des Malvales et n'accepte pas l'opinion d'Engler qui avait récemment placé cette famille entre les Bixacées et les Canellacées.

D'autre part, M. Radlkofer, dans sa magistrale étude sur les Sapindacées (3), avait montré que le genre *Alvaradoa*, placé ordinairement dans cette famille, était une Simarubacée, et dans le même mémoire il avait créé le genre *Picrocardia* pour une plante voisine du genre *Soulamea*. M. Engler accepte l'opinion de M. Radlkofer, et décrit parmi les Simarubacées ces deux nouveaux genres. Il accepte aussi comme genres nouveaux des Simarubacées, les genres *Oldyendea* et *Klainedoxa* créés par Pierre (4).

Avec ces modifications, les Simarubacées d'Engler comprennent vingt-huit genres ; c'est sur ces vingt-huit genres que nos recherches ont porté.

(1) *Ann. des Sc. nat. bot.*, 8e série, 1899, t. IX, p. 363.

(2) *Sur les Stachyuracées et les Kœberliniacées* (Journ. de Bot., t. XIV, 1900, p. 7-12).

(3) *Ueber die Gliederung der Familie der Sapindaceen* (Sitzungs. der math.-physik. Classe der K. b. Akademie der Wissensch. zu München, 1890, p. 105-379).

(4) *Bull. de la Soc. linn. de Paris*, p. 1233 et 1282.

PARTIE GÉNÉRALE

I. — MORPHOLOGIE EXTERNE.

Les Simarubacées sont toutes ligneuses, arbres pouvant atteindre parfois une hauteur considérable, ou arbrisseaux dressés; ils ne sont jamais sarmenteux, quelques genres confinés dans des contrées désertiques prennent les caractères des plantes xérophiles; dans ce cas les feuilles se réduisent et les rameaux deviennent épineux : on observe ces modifications dans les genres *Castela* et *Holacantha*. La tige est toujours dure; les jeunes rameaux sont souvent pourvus de poils rigides ou flexueux mais non ramifiés. Les genres xérophiles ont les rameaux épineux.

Les feuilles sont sans stipules ou bien quand ces stipules existent elles tombent de bonne heure (*Irvingia*, *Cadellia*). Les feuilles sont ordinairement composées pennées, les folioles étant alors entières ou découpées suivant les genres ou les espèces. Quelques plantes sont pourvues de feuilles entières. Ces feuilles sont alors larges comme dans les *Samadera* et les *Irvingia*, ou elliptiques (*Klainedoxa*); ailleurs elles sont réduites, lancéolées comme dans les *Castela*, ou n'existent plus comme dans le genre *Holacantha*. Les nervures sont ordinairement saillantes et portent souvent des poils. On trouve quelquefois des feuilles dont toute la surface est recouverte de poils.

Les inflorescences sont généralement des panicules simples ou composés, très rarement ce sont des épis ou des grappes terminales comme dans les *Quassia*.

Les fleurs sont toujours actinomorphes; on ne remarque

ici aucune zygomorphie, ni même aucune tendance à la zygomorphie, comme cela a lieu chez certaines Rutacées et chez certaines Anacardiacées.

Elles sont souvent composées de cinq pièces ou d'un multiple de cinq à chaque cycle, mais on remarque de très grandes variations à ce sujet, et ces variations expliqueront parfaitement les divergences d'opinion qui ont été émises au sujet des limites de cette famille et que nous avons fait ressortir dans la partie historique de ce mémoire. Encore aujourd'hui en acceptant l'opinion de Engler sur la délimitation des genres de cette famille, on ne peut pas traduire en une formule générale la fleur des Simarubacées. Les fleurs sont presque toujours petites et sans éclat.

Le calice est à 4-5 lobes, en partie unis à la base; dans certains cas, les sépales sont en nombre plus grand. Dans *Holacantha* il atteint le nombre de 7 à 8, ou bien le nombre est plus petit et restreint à 3 (*Soulamea*). Dans le genre *Hannoa* les sépales sont réunis. La préfloraison du calice est imbriquée ou valvaire.

La corolle est constamment dialypétale, à préfloraison imbriquée, valvaire ou tordue (*Quassia*). Le nombre des pétales est égal à celui des sépales; les pétales sont rarement unis en tube (*Quassia*); le plus ordinairement ils sont libres, mais plus ou moins développés suivant les genres. Ils sont hypogynes.

Presque toutes les fleurs possèdent un disque plus ou moins bien développé. Chez les *Picrammia* il est découpé en lobes remarquablement distincts; mais dans la plupart des genres, il forme un étroit renflement annulaire autour de la base de l'ovaire; on observe quelquefois l'axe floral qui se développe en un véritable gynophore; cela a lieu dans certaines espèces du genre *Simaba* et chez les *Quassia*. Enfin il faut noter que dans le genre *Eurycoma* le disque n'existe pas.

Les étamines s'insèrent toujours au-dessous du disque.

Les filets sont quelquefois pourvus d'une écaille ou de poils. Les écailles des étamines se développent à la partie interne du filet, rejetant le filet à l'extérieur, et se séparant de lui quelquefois vers le milieu. Ordinairement les écailles de la base des étamines sont courtes et isolées les unes des autres ; dans certains, cependant, les écailles sont cohérentes par leurs côtés et forment un véritable tube dans lequel s'élève le style (*Simaba* et particulièrement *S. salubris*). Dans plusieurs genres les étamines ne portent que des poils à la base des filets (*Picrasma*, *Ailanthus*, *Quassia*, etc.). Enfin dans un grand nombre de genres les filets sont nus (*Brucea*, *Picræna*, etc.).

Les anthères sont pourvues de deux loges oblongues s'ouvrant vers l'intérieur par une fente longitudinale.

Le nombre des étamines est ordinairement double de celui des autres pièces des cycles externes. Dans le genre *Mannia* le nombre est assez considérable, il atteint quelquefois 18, bien que la fleur soit construite sur le type cinq. Dans quelques genres seulement, le nombre des étamines est égal à celui des autres pièces des cycles floraux externes, à savoir *Picrasma*, *Brucea*, *Picrolemma* et *Picramnia* ; mais dans ces quatre genres la disposition des étamines n'est pas identique ; tandis que chez les *Brucea* et *Picrasma*, les étamines sont alternes avec les pétales, dans les *Picrolemma* et *Picramnia*, elles sont opposées aux pétales ; il faut, semble-t-il, dans ce cas, admettre que le cycle externe a disparu par avortement.

Le pollen montre le plus souvent trois pores ronds ou oblongs.

Le gynécée se compose généralement de deux à cinq carpelles, ce nombre est donc quelquefois plus petit que celui des pièces calicinales et corollaires. En effet, dans les *Picramnia* le nombre des carpelles est 2 à 3 ; chez le *Picrocardia* il y en a trois ; on en compte deux dans les *Irvingia*, et un seul dans *Amaroria*. Les ovaires sont généralement libres. Partout les styles sont soudés sauf dans

les *Harrisonia*, *Suriana* et *Cadellia*. Cette concrescence des styles se fait différemment suivant les genres observés ; dans les vraies Simarubacées ils sont complètement soudés, mais dans plusieurs genres ils sont unis à la base seulement. Dans quelques genres les carpelles sont soudés mais les styles sont libres ; on remarque ce mode dans les *Soulamea*, *Amaroria* et *Picrocardia*.

On voit donc qu'au sujet de la soudure ou du mode d'être des carpelles et des styles, il n'y a rien de fixe, et que l'on trouve toutes les manières d'être dans les Simarubacées.

Les ovules sont toujours épitropes, sauf dans les *Alvaradoa* rattachés, avec doute du reste, aux Simarubacées. Par ce caractère ces plantes se rapprochent des Burséracées et des Rutacées; nous trouverons d'ailleurs d'autres caractères qui les rattacheront à ces deux familles. Ces ovules sont généralement au nombre d'un seul dans chaque carpelle, et c'est la règle pour toutes les vraies Simarubacées; on ne rencontre deux ovules que chez les *Picramnia*, le *Picrodendron*, le *Suriana* et les *Cadellia*.

Il faut signaler cependant que chez les *Suriana* le micropyle est bien tourné vers le bas comme chez les *Alvaradoa*, mais ici, il faut observer avec Engler que l'orifice du style, c'est-à-dire l'insertion du style sur l'ovaire, est presque tourné vers le bas; par cette torsion, le raphé de ventral devient dorsal car, son développement ayant été gêné, il est retourné complètement.

Les fruits sont indéhiscents, et ils sont secs ou drupacés; seul les *Eurycoma* possèdent des fruits qui sont déhiscents tardivement, ils s'ouvrent alors par leur côté; quelquefois le fruit est samaroïde ou capsulaire. Dans tous on remarque une tendance à un élargissement aliforme du péricarpe vers le haut, ce qui peut faire admettre sans difficulté le développement ailé qu'on observe chez certaines graines.

Le tégument est mince, et l'albumen ordinairement absent, cependant il semble exister plus souvent qu'on ne le croyait auparavant. Ainsi presque tous les auteurs, y

compris Engler, signalent que le genre *Brucea* (1) possède des graines sans albumen; or de récentes recherches que nous avons vérifiées ont montré que le *B. antidysenterica* et le *B. sumatrana* ont des graines albuminées; l'albumen est riche en aleurone et bien développé.

En résumé, nous voyons qu'en dehors du caractère général tiré des ovules suspendus épitropes, il n'y a pas un seul caractère constant tiré de la morphologie externe des Simarubacées. L'épitropie de l'ovule n'existe même pas toujours chez toutes les plantes rangées parmi les Simarubacées, car les ovules sont apotropes dans le genre *Alvaradoa*.

II. — MORPHOLOGIE INTERNE.

L'anatomie de plusieurs genres de Simarubacées a été étudiée déjà; non pas dans un but de comparaison, mais à plusieurs autres points de vue. Trécul (2) et Van Tieghem (3), à propos de la place des canaux sécréteurs, en avaient parlé dans plusieurs mémoires; Engler, en publiant ses recherches sur les Rutacées, Simarubacées et Burséracées (4), donne des figures de la tige de quelques Simarubacées (*Ailanthus* et *Picramnia*); Solereder (5), Möller (6),

(1) Le Maout et Decaisne signalent pourtant un albumen plus ou moins copieux dans les graines de ce genre (*Traité de Bot.*, p. 380).

(2) *Des vaisseaux propres dans les Térébinthacées* (C. R., t. LXV, 1867, p. 1017).

(3) a. *Mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes* (Ann. Sc. nat., 5e série, Bot. t. XVI).

b. *Second mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes* (Ann. Sc. nat., 7e série, Bot., t. 1).

c. *Nouvelles remarques sur la disposition des canaux sécréteurs dans les Diptérocarpées, Simarubacées et Liquidambarées* (Journ. de Bot., 1891, p. 377).

(4) Engler (A.), *Studien über die Verwandtschaftsverhältnisse der Rutaceae, Simarubaceae und Burseraceae nebst Beiträgen zur Anatomie und Systematik dieser Familien* (Abhandl d. Naturf. Gesellsch. zu Halle XIII, 1877, p. 109-158).

(5) *Ueber den systematischen Wert der Holzstructur beiden Dicotyledonen* (Thèse de Munich, 1885, p. 92).

(6) *Anatomie den Baumrinden*, 1882.

Radlkofer (1) s'occupent également de l'anatomie de la tige de certaines Simarubacées; Blenk (2) en étudiant les ponctuations des feuilles traite de quelques espèces critiques de cette famille. Andreæ (3) a fait des recherches sur la structure anormale de la racine de l'*Ailanthus glandulosa*.

Mais jusqu'ici aucun mémoire complet n'avait été publié sur l'anatomie comparée des plantes de cette famille. C'est cette lacune que nous avons cherché à combler. Nous verrons que plusieurs genres étaient cités à tort comme n'ayant pas de canaux sécréteurs à la périphérie de la moelle, tandis que d'autres étaient considérés comme possédant ces canaux, alors qu'ils en sont privés. Dans tous les cas, nos recherches portent surtout sur la tige et sur la feuille, qui sont les seuls éléments constants qu'on trouve dans les herbiers.

Tige. — La tige des Simarubacées est souvent recouverte extérieurement par des poils droits, rigides, unicellulaires ou pluricellulaires. Dans ce dernier cas, les cellules sont unisériées. Ces poils sont généralement assez courts, terminés en pointe, et proviennent du prolongement externe d'une cellule épidermique. Ils sont donc insérés dans l'épiderme par un pied généralement élargi et à parois épaisses. La cavité du poil est ordinairement petite, dans très peu de cas elle est large à la base seulement. Le protoplasma qui y est contenu est finement granuleux. Si le poil est long, il est alors plus ou moins flexueux, et de fines cloisons transversales viennent alors le subdiviser en deux ou trois cellules superposées. Ces cloisons transversales sont toujours très réfringentes, cellulosiques et très peu épaisses.

Dans le *Suriana*, à côté de ces poils on trouve des poils

(1) *Ueber die Gliederung der Familie der Sapindaceen* (Sitz. d. mat. phys. K. b. Akad. der k. b. Akademie der Wissensch. zu München, 1890).

(2) *Loc. cit.* (Flora, 1884, p. 295).

(3) *Ueber abnorme Wurzelanschwellungen bei Ailanthus glandulosa* (Inaugural Dissertation. Erlangen, 1894).

capités qui ont la même origine que ceux précédemment décrits. Ils naissent de l'épiderme, la cavité cellulaire des cellules formant le pied est alors assez large, les cloisons transversales sont plus épaisses ; il y a généralement trois ou quatre cellules formant le pied ; quelquefois le pied est réduit à une seule, mais le sommet est toujours composé de plusieurs cellules.

Ces poils qui ont l'aspect de poils sécréteurs n'ont été observés par nous, dans cette famille, que chez le *Suriana*.

L'épiderme de la tige possède ordinairement de petites cellules à parois montrant des épaississements inégaux. La paroi externe est toujours fortement épaissie, elle est ordinairement bombée à la partie extérieure et souvent finement ridée. Les parois latérales sont plus ou moins épaisses, mais les parois internes sont toujours minces et cellulosiques.

Le liège naît partout de l'assise sous-épidermique ; nous avons pu presque toujours observer le début de la formation de ce tissu aux dépens de l'assise sous-épidermique. La cellule qui donnera naissance au liège s'accroît radialement, il s'y forme alors plusieurs cloisons tangentielles et le liège naît de ce cambium.

L'écorce débute presque toujours par des assises collenchymateuses, les cellules sont généralement arrondies, très rarement rectangulaires. Elles contiennent souvent des cristaux ou des macles d'oxalate de calcium. Les cristaux sont octaédriques et assez volumineux. Les macles présentent deux aspects différents; tantôt elles ont une apparence épineuse irrégulière, formées par la juxtaposition de plusieurs gros cristaux, tantôt elles ont une apparence étoilée, régulière, formant alors de grosses macles en oursin. Assez souvent on observe des cellules scléreuses isolées ou groupées par trois ou quatre dans cette zone corticale externe. Les cellules scléreuses sont ordinairement plus grandes que les cellules collenchymateuses. Rarement ces cellules scléreuses ont un épaississement

irrégulier ; les parois s'épaississent et se lignifient sur la paroi interne et sur les parois latérales ; la lumière se rétrécit, s'arrondit ; seule la paroi externe reste cellulosique et mince, de sorte que sur une coupe transversale ou longitudinale, on observe un épaississement qui a plus ou moins la forme d'un croissant (*Castela*) ; ailleurs l'épaississement gagne la paroi externe, mais alors cette paroi reste beaucoup plus mince (*Samadera*).

L'écorce externe est presque toujours nettement séparée de l'écorce interne par une zone de cellules écrasées. L'écorce interne est formée de cellules généralement plus grandes que celles de l'écorce externe, allongées dans le sens tangentiel et à parois minces ; elles contiennent souvent des macles ou des cristaux d'oxalate de calcium. Cette écorce interne est composée d'un plus petit nombre d'assises cellulaires que l'écorce externe.

Dans deux genres, *Harrisonia* et *Picrella*, on observe quelques cellules corticales contenant de l'oléorésine.

L'écorce du genre *Picramnia* ne présente pas la zone de cellules écrasées, et toutes les cellules corticales sont à parois d'égale valeur.

La tige du *Suriana* montre aussi une écorce sans zone de cellules écrasées, mais en outre ici les cellules des assises périphériques de l'écorce sont plus grandes que les cellules des assises internes, et on n'observe pas de collenchyme dans l'écorce externe.

Enfin, dans les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron* l'écorce possède de grandes cellules à contenu mucilagineux.

La tige du genre *Holacantha* ne peut être comprise dans la description générale que nous venons de donner des Simarubacées. L'épiderme est pourvu d'une cuticule très épaisse ; au-dessous des cellules épidermiques on trouve plusieurs rangées de cellules subérifiées. Immédiatement au-dessous de ces couches externes on voit de distance en distance des amas fibreux et entre ces amas fibreux un

tissu assimilateur bien développé; à la place de l'écorce interne on trouve une zone de grandes cellules dont le contour nous a paru être mucilagineux, puis quelques cellules riches en amidon précédant le liber.

Chez toutes les autres Simarubacées, le péricycle est composé de plusieurs assises de cellules. Les assises les plus externes sont toujours, en tout ou en partie, constituées par des cellules de protection. Ordinairement on observe deux à trois assises de fibres; ces fibres forment des amas interrompus plus ou moins largement en face des rayons médullaires. Quelquefois les amas de fibres sont assez rapprochés les uns des autres pour constituer un cercle continu, ailleurs ce sont des cellules scléreuses qui réunissent entre eux les amas de fibres péricycliques.

Les *Irvingia* et *Klainedoxa* ont un péricycle formé d'amas fibreux, mais on y observe presque toujours une assise de cellules scléreuses passant extérieurement aux amas fibreux et reliant entre eux les amas de fibres. Ces cellules ont les parois épaissies en croissant.

Le liber est formé de cellules parenchymateuses et de cellules criblées. Les cellules parenchymateuses contiennent souvent des cristaux ou des macles d'oxalate de calcium.

Dans plusieurs cas on observe aussi des amas fibreux dans le liber; ces amas fibreux forment quelquefois un anneau interrompu de place en place, surtout en face des rayons médullaires. Ailleurs les fibres sont placées sans ordre dans le liber. Enfin dans certains genres le liber est divisé en compartiments libériens qui viennent s'appuyer extérieurement sur les amas de fibres péricycliques, chacun des compartiments libériens étant nettement séparé par les rayons médullaires qui s'évasent vers la périphérie; ce fait s'observe dans les *Cadellia*, *Hyptiandra* et *Kirkia*.

Le bois est ordinairement composé de parenchyme ligneux à parois assez épaisses et lignifiées de bonne heure. Autour des vaisseaux primaires, on remarque presque par-

tout, un tissu parenchymateux qui reste cellulosique et qui souvent se déchire sous le rasoir.

Les vaisseaux ligneux sont plus ou moins nombreux et plus ou moins larges; mais, d'une manière générale, ils sont plutôt peu larges et en nombre assez restreint. Ils sont ordinairement placés sans ordre apparent et sans qu'il soit possible d'observer des zones alternatives de vaisseaux et de parenchyme ligneux. Ces vaisseaux sont annelés quant aux vaisseaux primaires et ponctués quant aux vaisseaux secondaires. Chez les Simarubacées, qui croissent dans les contrées désertiques, *Castela* et *Holacantha*, on observe un bois qui contient des fibres en plus ou moins grand nombre. Il en est de même dans les *Cadellia*, qui sont des plantes australiennes et dans les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron*.

Dans ces trois derniers genres on voit de l'oléorésine dans les vaisseaux situés vers le centre de la tige; ce fait s'observe aussi ailleurs et alors même qu'il y a des canaux sécréteurs dans la moelle.

Les rayons médullaires sont unisériés; et ils se poursuivent unisériés dans le liber jusqu'au péricycle, sauf dans les *Cadellia*, *Hyptiandra* et *Kirkia*, chez lesquels les rayons médullaires s'élargissent à la périphérie du liber en circonscrivant des amas du tissu libérien.

Il faut noter aussi que dans les *Ailanthus*, nous avons observé des rayons médullaires plurisériés, dans une espèce *A. glandulosa*; mais nous n'avons étudié de cette espèce que des spécimens d'origine européenne, toutes les espèces d'*Ailanthus* qui croissent dans les régions tropicales ont des rayons médullaires unisériés, et il est possible que sous une influence climatérique l'allure générale des rayons médullaires puisse se modifier.

La moelle se lignifie de bonne heure à sa périphérie, englobant, là où ils existent, les canaux sécréteurs périmédullaires; au centre, elle se lignifie aussi, mais un peu plus tardivement. Les cellules sont grandes, à parois plus ou

moins épaisses, et contiennent généralement des cristaux et des macles d'oxalate de calcium.

Les *Harrisonia* sont les seules qui présentent une moelle à cellules hétérogènes, composée de grandes cellules rayonnant autour d'une petite cellule arrondie. Ces petites cellules sont en files longitudinales, superposées les unes au-dessus des autres.

Dans plusieurs genres on trouve, à la périphérie de la moelle, des canaux sécréteurs. Ces canaux semblent dans certains cas (*Ailanthus glandulosa*, par exemple), presque situés dans la pointe centrale ligneuse. Les genres pourvus de canaux sécréteurs périmédullaires sont : *Simaruba*, *Simaba*, *Oldyendea*, *Hannoa*, *Eurycoma*, *Brucea*, *Picrasma*, *Picrolemma*, *Ailanthus*, *Soulamea*, *Picrocardia*, *Amaroria*. La présence des canaux médullaires n'est pas constante chez toutes les espèces de *Simaba*, la plupart possèdent des canaux sécréteurs, mais nous avons trouvé six espèces qui en étaient dépourvues.

Dans les *Irvingia*, *Klainedoxa*, la moelle est formée de cellules à parois très minces et il s'y creuse des lacunes à mucilage. Chez le *Picrodendron* les cellules médullaires sont à parois lignifiées, mais les lacunes mucilagineuses, moins nombreuses que dans les deux genres précédents, existent aussi.

Pétiole. — Le pétiole a aussi une structure assez constante chez les Simarubacées. L'épiderme est souvent prolongé en poils externes, de même nature et de même structure que ceux de la tige. Il présente les mêmes caractères que celui de la tige. L'écorce ordinairement assez épaisse est fortement collenchymateuse dans sa zone externe. Les parois cellulaires sont épaisses et cellulosiques ; les cellules contiennent des cristaux ou des macles d'oxalate de calcium en plus grand nombre que dans la tige. Alors même que l'écorce de la tige ne contienne pas d'oxalate de calcium, le pétiole en a dans sa partie corticale. Les cristaux sont gros et très apparents.

Les fibres péricycliques sont en petit nombre. Le liber et le bois présentent les mêmes caractères que dans la tige. Le pétiole prend trois faisceaux à la tige.

Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle concentrique complet qui entoure ainsi une partie médullaire dans laquelle on observe un ou plusieurs petits faisceaux libéro-ligneux inclus dans le faisceau principal. Le faisceau libéro-ligneux reste concentrique, mais il n'y a pas de faisceau inclus dans les *Picrannia* et *Alvaradoa*. Assez souvent les canaux sécréteurs périmédullaires de la tige accompagnent les faisceaux foliaires et existent alors dans le pétiole.

Dans les *Samadera*, on observe un fait assez intéressant; le faisceau libéro-ligneux forme dans le pétiole un cercle concentrique, puis du côté supérieur il se produit une invagination en doigt de gant du cylindre central; le péricycle est entraîné dans cette invagination, de telle sorte qu'il se forme bientôt une anse interne contenant au centre quelques fibres du péricycle, entouré de liber, et périphériquement un cercle ligneux. La partie invaginée pénètre dans la moelle, et finalement on trouve un faisceau libéro-ligneux normal, externe, enfermant dans la partie médullaire un faisceau libéro-ligneux dans lequel on observe quelques fibres péricycliques centrales entourées par un liber concentrique, entouré lui-même par un cercle ligneux périphérique.

Dans le *Suriana* le faisceau libéro-ligneux reste ouvert, il ne prend qu'un faisceau à la tige.

Dans les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron*, l'écorce du pétiole contient de grandes cellules mucilagineuses et au centre du pétiole, dans la moelle, on remarque une lacune mucilagineuse.

Feuille. — La feuille porte souvent des poils, surtout à la face inférieure. Ordinairement les poils sont portés uniquement sur les nervures, plus rarement sur toute la surface.

Les stomates sont entourés de quatre, cinq, ou six cellules de bordure et ne s'observent qu'à la face inférieure.

Dans les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron*, il y a quatre cellules de bordure, deux placées latéralement semblent doubler les cellules formant les lèvres du stomate et deux sont placées aux deux pointes de l'ostiole. Cette disposition ne se voit jamais chez les autres Simarubacées.

Dans le *Suriana*, on trouve des stomates sur les deux faces de la feuille.

Les parois des cellules épidermiques, vues de face, sont ordinairement rectilignes, rarement ondulées. Il y a quelquefois dans les différentes espèces d'un même genre, des parois rectilignes et des parois ondulées (*Simaba*, par exemple).

Enfin, il faut signaler un certain nombre de cellules épidermiques de la face inférieure dont la paroi externe forme des papilles (*Simaruba*, *Oldyendea*, *Eurycoma*); il arrive quelquefois que l'on rencontre dans un même genre des espèces avec des cellules à papilles et des espèces n'en contenant pas (*Ailanthus*, *Kirkia*).

Les cellules épidermiques sont ordinairement larges et pourvues à l'extérieur d'une membrane épaisse. Dans certains cas, la cellule épidermique porte une ou plusieurs cloisons transversales, découpant une petite cellule vers l'extérieur et une grande cellule vers l'intérieur, la cellule interne jouant le rôle d'un hypoderme; ailleurs l'hypoderme est très net et très large. Ces faits s'observent dans les : *Oldyendea*, *Hannoa*, *Castela*, *Picrocardia*, *Soulamea* et *Amaroria*. Chez les *Castela* l'hypoderme existe sur les deux faces : ce fait n'a rien d'exceptionnel, car le genre *Castela* est composé d'espèces xérophiles. Parmi les espèces du genre *Ailanthus* étudiées par nous, seul l'*A. calycina* a montré un hypoderme.

Le tissu assimilateur est composé d'une ou deux rangées de cellules en palissade. Souvent ces cellules en palissade sont interrompues par une cellule plus large, dans laquelle se remarque une grosse macle d'oxalate de calcium (*Brucea*, par exemple), ou même un contenu oléorésineux (*Ailanthus*).

Les macles sont plus particulièrement situées autour des faisceaux libéro-ligneux constituant les nervures de la feuille. Les cellules en palissade ont quelquefois leurs parois latérales ondulées et chez les *Simaba* on voit ces cellules se réduire considérablement dans le sens de leur longueur et devenir presque rectangulaires. Le tissu lacuneux est souvent formé de cellules ramifiées, c'est la règle dans les feuilles où existent des sclérites. Ailleurs les cellules laissent des méats très restreints. Dans un seul cas le tissu lacuneux manque presque complètement (*Ailanthus excelsa*). Partout ailleurs, la feuille ne possède de tissu palissadique que sur la face supérieure; ce tissu est considérablement réduit dans les espèces du genre *Simaba*, où en même temps on observe des parois ondulées aux cellules palissadiques.

Dans le *Suriana*, le tissu palissadique est bien développé au-dessous de chaque épiderme.

Les sclérites existent souvent dans les feuilles de Simarubacées: chez les *Mannia*, *Hyptiandra*, *Simaruba*, *Simaba*, *Oldyendea*, *Quassia*, *Hannoa*, *Eurycoma*.

Chez les espèces du genre *Castela* on trouve de loin en loin une cellule de même longueur que les cellules en palissade et pourvue de cloisons épaisses et lignifiées; cette cellule peut être considérée comme un sclérite. Ces sclérites sont tantôt ramifiés (*Mannia*, *Simaruba*, *Oldyendea*, *Hannoa*), tantôt droits et plus ou moins flexueux (*Quassia*, *Hyptiandra*, *Simaba*, *Eurycoma*). Dans le premier cas ils s'appuient sur les épidermes supérieur et inférieur; dans le second cas, ils sont flexueux et courent souvent parallèlement à la surface libre de la feuille.

Chez les *Irvingia*, *Klainedoxa* et *Picrodendron*, les nervures de la feuille sont constituées par des faisceaux libéro-ligneux protégés par un épais tissu fibreux; ce tissu de protection s'appuie directement sur les épidermes supérieur et inférieur interrompant les tissus palissadique et lacuneux.

Conclusion. — Telles sont les observations que nous avons

pu faire en étudiant les caractères anatomiques des vingt-huit genres que comprend la famille des Simarubacées.

La conclusion que nous tirerons de cette étude d'anatomie comparée, c'est que, s'il n'y a pas de caractères anatomiques constants, permettant de distinguer les Simarubacées, du moins, il y a un ensemble de caractères qui permet de considérer les Simarubacées comme une famille autonome, à condition d'en exclure les *Suriana* et *Holacantha*.

Dans ces conditions, on voit que quinze genres sont pourvus soit de canaux sécréteurs médullaires, soit de sclérites. Nous trouvons des canaux sécréteurs et des sclérites, dans les cinq suivants : *Simaruba*, *Oldyendea*, *Hannoa*, *Eurycoma* et *Simaba* ; dans ce dernier genre la présence des canaux n'est pas constante, mais ils existent dans la plupart des espèces ; remarquons aussi que les trois premiers genres ont des sclérites ramifiés, tandis que les deux derniers ont des sclérites non ramifiés.

Les sclérites existent seuls dans les *Mannia*, *Hyptiandra*, *Quassia* et *Castela* ; de ces quatre genres le dernier n'a de courts sclérites que dans une seule espèce, et le premier seulement possède des sclérites ramifiés ; cinq genres sont pourvus de canaux sécréteurs médullaires, sans avoir de sclérites dans les feuilles : ce sont les *Brucea*, *Picrasma*, *Picrolemma*, *Ailanthus*. *Soulamea* (incl. *Picrocardia*) (1) et *Amaroria*.

A côté de ces quinze genres il faut signaler de suite les *Harrisonia* et *Picrella*, qui ne possèdent pas de canaux sécréteurs médullaires, mais qui, par contre, sont pourvus de cellules oléorésineuses dans l'écorce, et dont les vaisseaux du bois contiennent aussi de l'oléorésine.

Ces dix-sept genres constituent la majorité des Simarubacées ; ils ont aussi de nombreuses affinités au point de vue des caractères morphologiques ; onze d'entre eux étaient compris par Planchon, lorsqu'il créa la famille des Simaru-

(1) Nous renvoyons au paragraphe concernant les *Picrocardia* et *Soulamea* de la seconde partie pour justifier cette manière de voir.

bacées, et les autres genres sont pour la plupart de date récente.

Les *Cadellia* et *Kirkia* présentent un caractère anatomique commun ; car tous deux ont un liber divisé nettement en compartiments par les rayons médullaires qui s'élargissent vers la périphérie, caractère qui se retrouve d'ailleurs dans les *Hyptiandra*, dont les feuilles sont pourvues de sclérites. Il faut en outre observer que les *Cadellia* et *Hyptiandra* sont des plantes australiennes, tandis que les *Kirkia* sont originaires de l'Afrique du Sud. Ces deux genres unis ainsi aux Simarubacées vraies par les *Hyptiandra* ne peuvent être séparés du groupe fondamental de cette famille.

Les *Samadera* ne possèdent ni sclérites, ni canaux sécréteurs médullaires ; d'autre part, ils possèdent des faisceaux centraux dans le pétiole et des feuilles entières qui en font un genre facile à distinguer parmi les Simarubacées, mais les caractères morphologiques tirés de la fleur et du fruit surtout les lient étroitement aux genres que nous venons de citer ; du reste l'ensemble des caractères anatomiques permettrait encore très bien, malgré la structure du faisceau central du pétiole, de ne pas séparer ce genre de la famille des Simarubacées.

On peut donc admettre au point de vue anatomique les dix-neuf premiers genres comme constituant le groupe des Simarubées ; les *Samadera*, qui se différencient par leurs feuilles simples et l'anatomie spéciale du pétiole, étant très voisins, et formant à eux seuls le groupe des Samadérées.

La plupart des auteurs considèrent les *Picramnia* comme étant une tribu distincte ; les caractères anatomiques permettent cette distinction, par le caractère tiré du pétiole ; le faisceau libéro-ligneux du pétiole ne contient pas de faisceau inclus ; de plus, le pétiole des folioles n'a plus qu'un faisceau libéro-ligneux ouvert. Ces caractères se retrouvent dans les *Alvaradoa*. Or, si malgré l'apotropie des ovules constatée dans ce genre, on veut le maintenir parmi les Simarubacées, c'est bien auprès des *Picramnia* qu'il doit

prendre place. Radlkofer et Engler les considèrent comme voisins.

Ces deux genres peuvent dès lors, au point de vue anatomique, constituer la tribu des Picramniées.

Il nous reste maintenant à parler des trois genres : *Klainedoxa*, *Irvingia* et *Picrodendron*. La présence des cellules et des lacunes mucilagineuses dans ces trois genres, ainsi que la différence qui s'observe dans la position des cellules de bordure des stomates, semblent pouvoir faire admettre la réunion de ces genres en une tribu. Qu'il nous soit permis de faire observer que Pierre a déjà émis l'idée que les *Irvingia* et *Klainedoxa* devraient être considérés comme formant la famille des Irvingiacées. D'autre part, Baillon, qui ne connaissait pas encore les *Klainedoxa* lors de la publication de son *Histoire des plantes*, dit qu'on ne peut sans contestation attribuer les *Irvingia* au groupe des Quassiées.

Quelle que soit l'opinion acceptée, nous rappelons que dans le résumé des caractères anatomiques donné plus haut, nous avons été presque toujours obligé de mentionner à part les caractères de ces trois genres. Il est donc incontestable qu'au point de vue anatomique ils peuvent être nettement différenciés des autres Simarubacées. Si donc on les maintient dans cette famille, il faut les opposer à toutes les autres Simarubacées et les considérer tout au moins comme une sous-famille.

Place du Suriana. — Nous avons déjà vu que certains caractères anatomiques mettaient le *Suriana* un peu en dehors des Simarubacées. Nous n'avons observé que dans cette plante les caractères suivants : poils glanduleux externes sur la tige et sur la feuille, écorce interne formée de cellules plus petites que celles de l'écorce externe, pétiole avec un faisceau ouvert et ne recevant qu'un faisceau de la tige, stomates situés sur les deux faces, tissu palissadique bien développé sur les deux faces de la feuille. Ce dernier carac-

tère se retrouve chez quelques Simarubacées (*Ailanthus calycina*, p. ex.) mais il doit être considéré comme exceptionnel.

Du reste, plusieurs auteurs ont déjà considéré le genre *Suriana* comme formant à lui seul, soit une famille soit une tribu. Il a été placé tour à tour près des Crassulacées (Linné), parmi les Spiréacées (de Jussieu), près des Térébinthacées (de Candolle), des Connaracées (Endlicher, Planchon), des Géraniacées (Lindley). J.-G. Agardh (1) en fait une famille qu'il considère comme très voisine des Géraniacées. Bentham et Hooker, Engler, placèrent le *Suriana* parmi les Simarubacées, mais Baillon en fit une tribu des Rutacées, au même titre que les Quassiées, Cnéorées, etc...

Cet auteur écrit à propos de cette plante (2) : « Les *Suriana* ont été dans ces derniers temps rapportés aux Simarubacées. Ils n'en ont pas l'amertume ; par leur corolle, l'organisation de leur gynécée, ils présentent de grandes affinités avec les Ochnacées. Nous en ferons, à cause des particularités constatées dans leurs ovules, leurs fruits, leurs graines, une petite série ou tribu, voisine à la fois des Simarubées, des Zanthoxylées et des Cnéorées. Une autre affinité qui paraît incontestable est celle des Biebersteiniées. Lindley a autrefois franchement placé les *Biebersteinia* parmi les Rutées. D'autre part, il est incontestable, comme l'admettent MM. Bentham et Hooker, que par leurs organes de végétation, leur corolle et leur androcée, ils représentent une forme à carpelles indépendants des Géraniées ; et c'est là le lien le plus étroit qui existe entre ce dernier groupe et celui des Rutacées. D'ailleurs les *Biebersteinia* n'ont dans chacun de leurs carpelles qu'un seul ovule incomplètement anatrope, tandis que les *Suriana* en ont généralement deux. Mais la position du micropyle est la même dans les deux genres, en haut et en dehors. L'androcée diplostemoné et les cinq carpelles indépendants sont les mêmes de part et

(1) *Theoria systematis plantarum*, 1858, p. 169.
(2) *Adansonia*, X, p. 299.

d'autre. On peut dire qu'il n'y a là entre les deux familles qu'une limite de convention. »

Nous pensons que les caractères anatomiques justifient cette manière de voir basée uniquement sur les caractères de morphologie externe, et de même que les Cnéorées de Baillon sont aujourd'hui considérées comme une famille, de même nous pensons qu'il faut considérer le tribu des Surianées de Baillon comme une famille spéciale ayant des affinités d'une part avec les Simarubacées et d'autre part avec les Géraniacées.

Place des Holacantha. — Si l'on se rapporte à la description que nous donnons de la tige de cette plante on est immédiatement frappé des différences anatomiques qui la séparent de toutes les autres Simarubacées. La plante étant une plante désertique, aphylle, on s'attend bien à trouver un épiderme à parois externes épaisses et fortement cutinisées, ainsi qu'un tissu assimilateur développé au-dessous de cet épiderme. Ce sont des caractères d'adaptation constants chez toutes les plantes xérophiles qui sont dépourvues de feuilles; et nous ne devons pas en tenir compte au point de vue de la classification. Mais il faut insister sur ce que des amas fibreux qui sont constamment placés chez les Simarubacées, dans la région péricyclique protégeant directement le libre soient dans l'*Holacantha*, immédiatement au-dessous de l'épiderme, et sur ce que, au-dessous du tissu assimilateur, on trouve une région formée de plusieurs assises de cellules qui sont, les unes à contenu mucilagineux et les autres riches en amidon : cette région précédant directement le liber. Il n'y a plus ici aucun tissu protecteur en dehors du liber. Or la présence du tissu fibreux péricyclique est constante non seulement dans les tiges des Simarubacées, mais dans les tiges d'un très grand nombre de familles voisines, et on ne peut guère admettre que ce caractère fasse défaut dans une Simarubacée. Si l'on compare la structure de la tige de l'*Holacantha* à celle des *Castela*, genre près duquel on l'a jusqu'ici placé, on voit que l'anatomie de ces

plantes est très différente, et il nous paraît difficile de ne pas exclure le genre *Holacantha* des Simarubacées.

Il faut rappeler que, si tous les auteurs jusqu'ici ont placé ce genre dans cette famille, quelques-uns ont exprimé des doutes sur la ligitimité de cette opinion. Baillon le considère comme un genre mal connu; il n'a pas vu la plante, mais d'après la description et la figure publiées, il lui trouve l'aspect des *Kœberlinia* et des affinités aussi avec les *Astrophyllum*. Nous n'avons pas fait l'anatomie de ce dernier genre, mais celle du genre *Kœberlinia* est bien connue et ne rappelle en rien celle que nous voyons ici.

La structure de la tige des *Kœberlinia*, ainsi que celle des *Balanites*, se rapprochent davantage de celle des Simarubacées, que celle des *Holacantha* ne s'en rapproche. Dans les premières plantes, les amas fibreux péricycliques existent et protègent le liber, or dans *Holacantha* il n'en est plus de même.

D'autre part, les caractères tirés de la morphologie florale ne paraissent pas s'opposer à l'exclusion de ce genre des Simarubacées.

La fleur de *Holacantha* possède cinq à huit pièces à tous les cycles floraux, or dans aucune Simarubacée ce cas ne s'observe : la fleur des Simarubacées marque plutôt une tendance vers la réduction que vers la multiplication dans le nombre des pièces de chaque cycle floral; les fleurs ont trois, quatre ou cinq pièces à chaque cycle; seul le genre *Cadellia* présente quelquefois 6 à 7 sépales, mais le nombre des étamines reste de dix, comme une indication du type pentamère, et le gynécée marque une réduction plus grande puisqu'il comprend de un à cinq carpelles. Si on traduit par des formules la fleur de ces deux genres on a :

Cadellia = 5 (rarement 6-7) S + 5P + 5E + 5E' + (1-5) C
Holacantha = 5S + (5-8) P + (5-8) E + (5-8) E' + (5-8) C

Il résulte clairement de la comparaison de ces deux formules que l'on ne se trouve pas en présence de tendances

semblables et de fleurs comparables. La fleur des *Holacantha* semble nettement marquer une tendance à la multiplication dans le nombre de toutes les pièces de chaque cycle.

Donc les caractères de morphologie externe et les caractères de morphologie interne autorisent l'exclusion des *Holacantha* de la famille des Simarubacées.

En attendant de nouvelles recherches sur les affinités de ce genre, nous pensons qu'on doit le considérer comme constituant à lui seul la famille des Holacanthacées.

PARTIE SPÉCIALE

DIVISION DE LA FAMILLE (1)

A. Carpelles biovulés, libres, à styles libres. Filets staminaux sans écailles ligulaires.

A. Surianoidées.

I. Surianées..... 1. *Surianées*

B. Carpelles uniovulés, unis par les styles ou complètement unis.

B. Simaruboidées.

a. Filets staminaux pourvus d'écailles ligulaires.

II. Simarubées.

α. Carpelles libres, mais styles soudés.

1. Androcée pléiostémoné..... 2. *Manninées*.
2. Androcée obdiplostémoné..... 3. *Simarubinées*.
3. Androcée obdiplostémoné, mais 5 staminodes..... 4. *Eurycominées*.

β. Carpelles et styles libres..... 5. *Harrisoniinées*.

b. Filets staminaux sans ligules.

III. Picrasmées.

α. Carpelles libres, styles unis à la base.

I. Fruit non ailé.

1. Androcée obdiplostémoné..... 6. *Castelinées*.
2. Androcée haplostémoné, étamines alternipétales..... 7. *Picrasminées*.
3. Etamines oppositipétales..... 8. *Picrolemminés*.

II. Fruit ailé.

Androcée obdiplostémoné..... 9. *Ailanthinées*.

β. Carpelles soudés.

I. Styles libres.

1. Fruit drupacé, restant entier.....

IV. Soulamées..... 10. *Soulamées*.

2. Fruit total se séparant en 4 fruits partiels suspendus à un carpophore.

V. Kirkiées..... 11. *Kirkiées*.

VI. Irvingiées..... 12. *Irvingiées*.

C. 2-3 carpelles soudés chacun avec 2 ovules suspendus.

(1) D'après Engler, in *Engler et Prantl. Pflanzenfamilien*, t. III, Abtheil IV-V, p. 207.

C. **Picramnioidées.**

VII. Picramniées..... 13. *Picramniées.*

D. 2-3 carpelles soudés, 2 stériles, le troisième avec 2 ovules basilaires, leur micropyle dirigé en bas.

D. **Alvaradoidées.**

VIII. Alvaradoées..... 14. *Alvaradoées.*

SURIANOÏDÉES

SURIANÉES

Cinq carpelles biovulés, libres, à styles libres. — Androcée diplostémoné, étamines sans écailles ligulaires, fruits à parties constituantes indépendantes.

A. Arbrisseaux, feuilles sans stipules, anthères rondes..... *Suriana.*
B. Arbres, feuilles avec petites stipules caduques anthères ovales..... *Cadellia.*

Suriana L.

Caractères morphologiques. — Arbustes de 1 à 2 mètres de haut, à tiges couvertes d'un duvet blanchâtre. Les feuilles sont simples, alternes, très rapprochées les unes des autres, et couvertes de poils.

Les fleurs sont jaunes, hermaphrodites, régulières. Il y a cinq sépales concrescents à la base, persistants. Cinq pétales alternes, de même longueur que les sépales. Dix étamines, cinq grandes opposées aux sépales, cinq petites opposées aux pétales, stériles quelquefois. Les filets sont libres, aplatis à la base, puis longuement tubulées. Les anthères sont biloculaires, introrses, déhiscentes par deux fentes longitudinales. Disque peu distinct. On compte cinq carpelles libres, opposés aux pétales, chaque ovaire est couvert de longs poils grisâtres, le style est inséré vers la base de son angle interne, il est filiforme. Les ovules sont au nombre de deux dans chaque carpelle, ils sont anatropes.

Le fruit est composé de trois à cinq drupes, presque sèches, contenant chacun une seule graine campylotrope ; l'embryon est recourbé oblong.

HABITAT. — Littoral des mers tropicales.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Une.

ESPÈCE ÉTUDIÉE. — *S. maritima* L. (Herb. Montpellier).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige* (fig. 1). — L'épiderme externe porte des poils rigides nombreux, à cavité restreinte et des poils glanduleux. Les cellules épidermiques ont leurs parois externes épaissies. Liège naissant dans les premières assises de l'écorce. Écorce formée de cellules arrondies, les cellules des assises externes sont plus grandes que les cellules des assises internes, ces cellules passent peu à peu des unes aux autres. Le péricycle montre des amas fibreux, irréguliers. Liber présentant quelques macles d'oxalate de calcium. Bois homogène, avec des vaisseaux à lumen restreint. Moelle formée de cellules dont les parois se lignifient de bonne heure, mais sans s'épaissir.

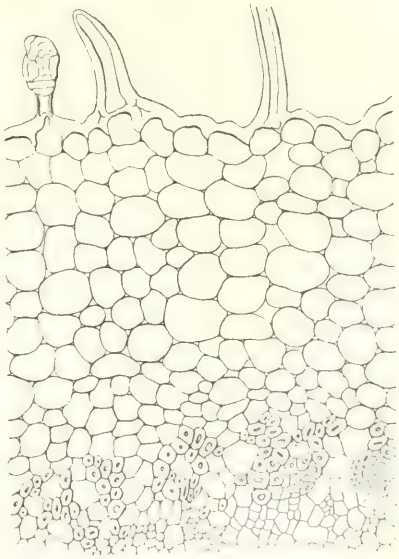


Fig. 1. — *Suriana maritima*. Écorce, péricycle fibreux et liber externe de la tige; coupe transversale (gr. = 250 environ).

Pétiole. — L'écorce participe des caractères anatomiques de celle de la tige. Les poils sont très nombreux. Le faisceau libéro-ligneux forme un seul arc ouvert. Il ne prend à la tige qu'un seul faisceau.

Feuille. — Les surfaces supérieure et inférieure sont couvertes de poils, les uns sont tout simplement protec-

teurs, les autres glanduleux. Dans ce dernier cas, ces poils, semblables à ceux de la tige, ont un pédicelle allongé, formé de deux à trois cellules superposées et terminées par une tête oblongue, pluricellulaire. On trouve des stomates sur les deux faces.

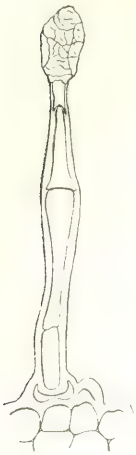


Fig. 2. — *Suriana maritima*. Poil sécréteur (gr. = 350 env.).

En coupe, on voit l'épiderme supérieur composé de cellules irrégulières, tantôt grandes, tantôt petites : le tissu palissadique est formé d'une rangée de cellules ; au-dessous on observe six à sept rangées de cellules aplaties ; puis on retrouve une rangée de cellules en palissade s'appuyant sur l'épiderme de la face inférieure.

Remarque. — Le genre *Suriana* présente, au point de vue anatomique, des caractères différant de ceux que l'on observe chez les autres Simarubacées. Ces caractères spéciaux au *Suriana* sont : la présence de poils glanduleux pédicellés, la présence des stomates sur les deux faces de la feuille ; la présence des cellules palissadiques sur les deux faces de la feuille, le pétiole qui possède un faisceau libéroligneux ouvert et qui ne prend à la tige qu'un seul méristèle ; fait déjà signalé par Pierre, et que nous avons pu vérifier ; enfin l'absence d'une zone de cellules écrasées séparant l'écorce externe de l'écorce interne.

Cadellia F. Muell.

Caractères morphologiques. — Arbres à rameaux minces. Les feuilles sont alternes, simples, avec des stipules petites et caduques.

Les fleurs sont assez grandes et possèdent deux petites préfeuilles ; elles sont solitaires à l'axe des feuilles, ou groupées par deux ou quatre. Les sépales sont ordinaire-

ment au nombre de cinq, rarement six à sept; ils sont imbriqués. Les pétales sont grands, plus longs que les sépales. Les étamines sont au nombre de dix, disposées en deux cycles, les plus grandes étant opposées aux pétales. Les filets sont filiformes. Les carpelles sont au nombre de cinq ou d'un : ils sont libres et opposés aux pétales. Le style filiforme est inséré dans l'angle interne ou près de la base. Dans chaque carpelle il ya deux à quatre ovules, à micropyle introrse et supère. Le fruit est drupacé et ne possède ordinairement qu'une graine à embryon recourbé.

Habitat. — Australie subtropicale.

Nombre des espèces. — Deux.

Espèces étudiées. — *C. pentastylis* F. Muell. (Herb. Muséum Paris). *C. monostylis* F. Muell. (Herb. Muséum Paris).

Caractères anatomiques. — *Tige* (fig. 3). — Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce est homogène,

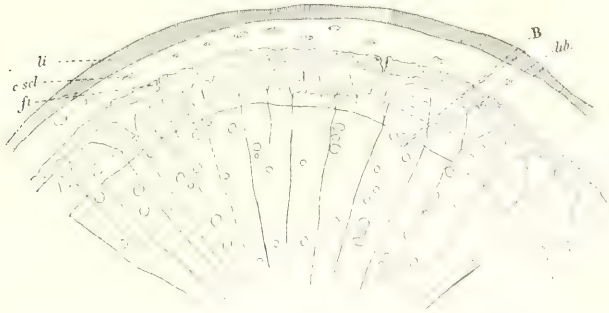


Fig. 3. — *Cadellia pentastylis*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *li*, liège ; *c. scl*, cellules scléreuses isolées ou formant de petits amas ; *fi*, péricycle fibreux et scléreux ; *lib*, liber ; *B*, bois.

formée de cellules polyédriques irrégulières, à parois cellulosiques, épaisses ; dans l'écorce on observe des cellules scléreuses isolées ou groupées par deux ou trois, il y a aussi des cristaux octaédriques d'oxalate de calcium ; ces cristaux sont surtout abondants dans les assises les plus internes de l'écorce, dans la partie avoisinant le péricycle. Le péricycle est formé d'un nombre restreint de fibres ; mais, extérieurement à ces fibres, il y a de grosses cellules scléreuses qui les protègent. Ces cellules scléreuses forment un

cercle presque continu. Le liber se compose de plusieurs assises de cellules, il est riche en cristaux d'oxalate de calcium, parmi lesquels on observe quelques macles; il contient également des fibres formant des rangées régulières et parallèles. Les amas libériens sont nettement séparés par les rayons médullaires; ceux-ci vont en s'élargissant vers la périphérie. Le bois est composé de fibres ligneuses et de cellules parenchymateuses; ces dernières contiennent souvent des cristaux octaédriques d'oxalate de calcium.

Les rayons médullaires sont uniséries. La moelle est réduite, composée de cellules à parois très épaisses, lignifiées et la plupart contiennent un gros cristal d'oxalate de calcium.

Pétiole. — L'épiderme est formé par des cellules à parois externes épaissies, portant quelques poils courts et rigides. L'écorce est épaisse, collenchymateuse, parsemée de cellules

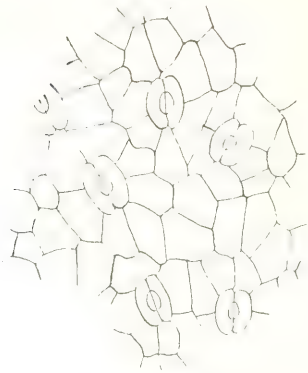


Fig. 4. — *Cadellia pentastylis.* Face inférieure de la feuille (gr. 250 env.).

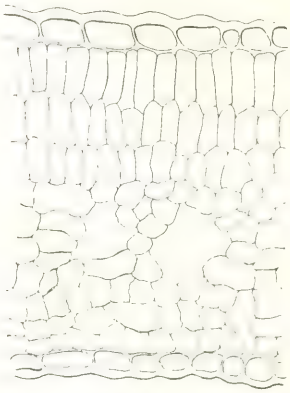


Fig. 5. — *Cadellia pentastylis.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

scléreuses; les cristaux d'oxalate de calcium y sont nombreux. Les faisceaux libéro-ligneux forment un cercle concentrique oblong, qui se scinde bientôt en plusieurs faisceaux.

Feuille. — Les surfaces supérieure et inférieure ne portent pas de poils; les stomates ne s'observent que sur la

face inférieure, ils sont entourés par cinq à six cellules (fig. 4). En coupe, les épidermes montrent des cellules dont les parois externes sont fortement épaissies; le tissu palissadique se compose de deux à trois rangées de cellules (fig. 5); le tissu lacuneux est formé de cellules irrégulières, laissant entre elles quelques larges lacunes. On trouve quelques macles d'oxalate de calcium dans le tissu foliaire; ces macles sont situées soit dans le tissu palissadique, soit dans le tissu lacuneux; elles ne sont pas contenues dans des cellules plus grandes que les cellules ordinaires du tissu où on les observe.

Remarque. — Plusieurs auteurs ont rapproché le *Cadellia* du *Suriana*, mais les caractères anatomiques marquent des différences entre ces deux genres. Les *Cadellia* présentent des caractères anatomiques qui sont ceux des Simarubacées et, sauf l'homogénéité de l'écorce, nous ne retrouvons ici aucun des caractères que nous avons signalés comme étant particuliers au *Suriana*.

SIMARUBOIDÉES

MANNINÉES

Mannia Hook. f.

Caractères morphologiques. — Arbres à feuilles alternes, pennées, pétiole court, folioles brièvement pétiolées, linéaires, oblongues, obliques à la base. La feuille est dure et la nervure médiane fait saillie.

Les fleurs sont rouges, belles, axillaires, brièvement pédonculées, réunies en cymes. Les fleurs sont hermaphrodites. Il y a cinq sépales, imbriqués, réunis vers la base; cinq pétales alternes, obtus, imbriqués; quinze à dix-huit étamines insérées à la base d'un disque à cinq lobes épais, cupuliforme. Les filets sont épais, élargis à la base, unis entre eux, pourvus d'une écaille avec de petits poils; les anthères sont longues, introrses. Il y a cinq carpelles oppo-

sés aux pétales ; les styles sont unis à la base, mais divisés en cinq lobes au sommet. Dans chaque carpelle il y a un ovule ascendant épitrope. Le fruit n'est pas connu.

Habitat. — Afrique tropicale occidentale.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — *M. africana*. Hook f. (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *Tige*. — Épiderme à cuticule plissée, avec liège naissant dans l'assise sous-épidermique.

L'écorce externe est collenchymateuse, passant peu à peu à l'écorce interne. Les cellules corticales externes sont arrondies, pourvues de parois ondulées, les cellules corticales internes sont allongées dans le sens tangentiel. Pas d'oxalate de calcium dans l'écorce. Le péricycle est formé d'amas fibreux isolés les uns des autres, épais de six à sept assises de fibres. Le liber est continu, sans fibres, avec quelques rares cristaux octaédriques d'oxalate de calcium. Le bois ne présente pas de fibres, il y a un petit nombre de vaisseaux; les vaisseaux du bois primaire restent entourés de quelques cellules à parois minces non lignifiées. Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle se compose de grandes cellules à parois minces. Il n'y a pas de canaux sécréteurs périmédullaires.

Pétiole. — L'épiderme a une cuticule lisse. L'écorce est collenchymateuse, riche en cristaux d'oxalate de calcium dont quelques-uns sont maclés. Le liber contient de nombreux cristaux d'oxalate. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, il embrasse des faisceaux libéro-ligneux en nombre variable.

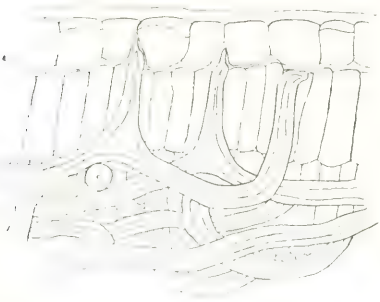


Fig. 6. — *Mannia africana*. Feuille; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

Feuille. — La feuille ne porte pas de poils, les stomates sont, sur la face inférieure, entourés de quatre à cinq cellules.

Il y a deux rangées de cellules en palissade; le tissu lacuneux est composé de cellules présentant des sortes de ramifications. Les sclérites sont très nombreux, ils sont ramifiés à parois épaisses, présentant des ramifications qui s'insinuent entre les cellules palissadiques et vont s'appuyer sur la paroi interne de la cellule épidermique ou par une pointe effilée qui s'appuie sur la paroi latérale séparant deux cellules épidermiques (fig. 6). Des ramifications vont aussi rejoindre l'épiderme inférieur de la feuille.

Remarque. — Il faut signaler dans le genre *Mannia* la présence des sclérites de la feuille, caractère que nous retrouverons dans un certain nombre de Simarubacées.

SIMARUBINÉES

Cinq carpelles, chacun pourvu d'un ovule pendant au sommet; libres. Styles cohérents. Androcée obdiplostémone. Filets avec une ligule à la base. Fruits indépendants.

A. Feuilles entières.
- *a.* Fleurs pédonculées, en fausses ombelles : longs pédoncules, fruits avec un péricarpe épais ligneux... 4. *Samadera.*
- *b.* Fleurs brièvement pédonculées en fascicules axillaires..... 5. *Hyptiandra.*

B. Feuilles pennées.
- *a.* Disque plus ou moins hémisphérique, laineux.... 6. *Simaruba.*
- *b.* Disque renflé en un fort bourrelet ou presque en forme de colonne.
  - α. Calice régulier; pentamère.
    - I. Fleurs nombreuses en panicules.
      - 1. Pétales à préfloraison valvaire..... 7. *Simaba.*
      - 2. Pétales légèrement imbriqués..... 8. *Oldyendea.*
    - II. Fleurs en grappes. Folioles des feuilles pennées, lancéolées, acuminées..... 9. *Quassia.*
  - β. Calice entièrement clos au début puis fendu en 3-4 ou 2 segments inégaux..... 10. *Hannoa.*

Samadera Gærtn.

Synonymie : *Samandura*. L. partim. — *Locandia*, Adans. — *Niota* Lan. — *Wittmannia* Vahl. — *Biporeia* Thouars. — *Ma-*

nungala Blanco. — *Manduytia* Commers. mnscr. (ex. D. C.)

Caractères morphologiques. — Arbres pourvus de feuilles simples, alternes à pétiole court, oblongues, dures, à nervures saillantes.

Les fleurs sont grandes (jusqu'à 2 centimètres de longueur), hermaphrodites, réunies en fausse ombelle axillaire ou terminale. Les sépales sont au nombre de trois-cinq petits, imbriqués, unis à la base, portant une glande au milieu de la face externe. Les pétales sont en même nombre que les sépales, beaucoup plus longs que les sépales, à préfloraison tordue. Les étamines sont en nombre double des pièces du périanthe, le cycle externe opposé aux pétales, pourvues de très petites écailles insérées à la base, les filets sont libres, les anthères introrses. Les carpelles sont en nombre égal aux pétales et opposés à ceux-ci, indépendants avec un ovule suspendu, à micropyle supère et externe. Le fruit est gros, comprimé latéralement, à péricarpe épais, ligneux, avec une crête dorsale : la graine est ovale à tégument mince, sans albumen, à cotylédons épais et plan-convexes.

Habitat. — Extrême-Orient (Indes Orientales, Cochinchine, Bornéo.) Madagascar.

Nombre des espèces. — Sept.

Espèces étudiées. — *S. indica.* Gærtn. (Herb. Planchon ; Herb. Muséum Paris ; Herb. Kew ; Herb. British Museum ; Java.) — *S. lucida* Wall. (Herb. Planchon). — *S. Harmandii* Pierre (Herb. Pierre). — *S. Mekongensis* Pierre (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *S. indica.*

Tige. — Épiderme formé de très petits cellules à parois externes peu épaisses. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce externe collenchymateuse à cellules arrondies. Écorce interne à cellules allongées dans le sens tangentiel. Toute la partie corticale contient de grosses macles d'oxalate de calcium. Séparant l'écorce externe de l'écorce interne on observe une zone de cellules écrasées, et de loin en loin des cellules scléreuses isolées ou réunies par

deux ou trois. L'épaississement de ces cellules scléreuses est irrégulier ; il commence toujours par la paroi interne, gagne peu à peu les parois latérales et finalement la paroi externe. Péricycle avec de petits amas fibreux nettement séparés.

Liber présentant quelques fibres et de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Bois avec peu de vaisseaux, sans fibres : les vaisseaux primaires situés au centre sont entourés de quelques cellules dont les parois ne sont pas lignifiées. Rayons médullaires unisériés. Moelle avec quelques assises périphériques de cellules à parois épaisses et lignifiées, les cellules centrales avec des parois minces et plusieurs contenant des macles d'oxalate de calcium. Pas de canaux sécréteurs périmédullaires.

Pétiole. — (fig. 7) Épiderme à petites cellules avec quelques rares poils uni-cellulaires, rigides, aigus. Écorce contenant de nombreuses et grosses macles d'oxalate de calcium. Faisceau libéro-ligneux concentrique s'invaginant à l'in-

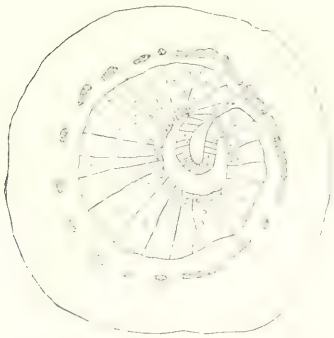


Fig. 7. — *Samadera indica.* Schéma du pétiole montrant l'invagination du faisceau libéro-ligneux (gr. = 100 env.).

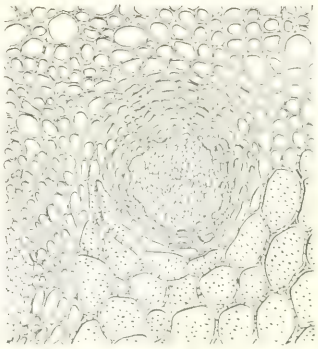


Fig. 8. — *Samadera indica.* Faisceau central du pétiole ; coupe montrant le liber interne et le bois périphérique (gr. = 250 env.).

térieur, de manière à former un ou plusieurs petits faisceaux centraux, avec bois concentrique et périphérique, liber avec une ou deux fibres péricycliques au centre (fig. 8).

Feuille. — Faces supérieure et inférieure formées de cellules à parois droites, stomates localisés à la face inférieure,

entourés ordinairement de cinq à six cellules. Cellules palissadiques formant deux rangées; ces cellules sont courtes, à parois ondulées (fig. 9). Zone lacuneuse inférieure. Macles d'oxalate de calcium nombreuses dans la zone lacuneuse et surtout au voisinage des nervures.

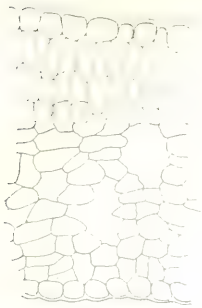


Fig. 9. — *Samadera indica*. Feuille ; coupe (gr. = 150 env.).

S. Harmandii. — Le péricycle de la tige présente de grandes cellules scléreuses reliant les amas fibreux. Vaisseaux plus nombreux que dans la zone ligneuse des autres espèces. Les cellules en palissade sont plus courtes que dans le *S. indica*, à parois ondulées, macles nombreuses à la partie supérieure de la feuille. Pas de canaux sécréteurs médullaires. Le pétiole présente l'invagination signalée déjà, mais le bois périphérique est très réduit.

S. Mekongensis. — Macles d'oxalate nombreuses dans la moelle. Pas de canaux sécréteurs médullaires. Pétiole avec invagination ou faisceau libéro-ligneux. Cellules palissa-

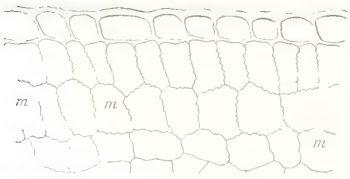


Fig. 10. — *Samadera Mekongensis*. Feuille ; coupe de la partie supérieure (gr. = 200 env.). — *m*, macles d'oxalate de calcium.

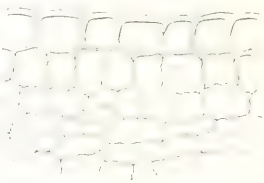


Fig. 11. — *Samadera lucida*. Feuille; coupe de la partie supérieure (gr. = 200 env.).

diques courtes à parois ondulées; nombreuses macles dans la feuille (fig. 10).

S. lucida. — Liber avec nombreuses fibres. Toutes les parties de la tige contiennent de nombreuses macles. Pétiole avec invagination du faisceau libéro-ligneux. Cellules palissadiques de la feuille très réduites (fig. 11). Pas de canaux sécréteurs périmédullaires.

Remarque. — Tous les auteurs indiquent la présence de canaux sécréteurs périmédullaires dans le genre *Samadera*. Tous les exemplaires que nous avons observés n'avaient pas de canaux sécréteurs. Nous croyons donc pouvoir affirmer que les *Samadera* n'ont pas de canaux sécréteurs médullaires.

Il faut en outre signaler les faisceaux centraux du pétiole qui ont un aspect très spécial dans toutes les espèces de ce genre étudiées par nous. C'est un aspect qui ne se représente pas dans les autres Simarubacées et qui paraît caractériser très bien les *Samadera*. Bien que les feuilles soient dures, elles ne présentent pas de sclérites et il faut même noter que le tissu palissadique n'a pas un grand développement dans ces plantes.

Hyptiandra Hook. f.

Caractères morphologiques. — Arbustes à écorce amère, dont les jeunes rameaux sont pubescents, pourvus de feuilles pétiolées, lancéolées, dures.

Les fleurs sont petites, portées par des pédoncules courts, disposées en fascicules axillaires ; elles sont pourvues de deux préfeuilles à la base. Les fleurs sont hermaphrodites, le calice est à cinq lobes (rarement quatre) petits. Les pétales sont plus longs, velus sur le dos, imbriqués. Les étamines sont en nombre double de celui des pétales, disposées en deux cycles, celles qui sont opposées aux pétales sont plus courtes, les filets sont largement ailés, amincis au sommet, velus; les anthères sont introrses. Les carpelles sont au nombre de cinq (rarement quatre), libres, velus, opposés aux pétales. Chaque carpelle possède un ovule, pendant, à micropyle introrse et supère. Les styles sont unis, les stigmates libres. Le fruit est comprimé, avec un albumen réduit, l'embryon est droit avec des cotylédons plan-convexes.

Habitat. — Australie orientale. Queensland.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — H. *Bidwillii* Hook. f. (Herb. Muséum Paris).

Caractères anatomiques. — *Tige* (fig. 12). — Liège d'origine sous-épidermique. Écorce peu développée, écorce externe et interne peu distinctes ; l'écorce interne contient un grand nombre de gros cristaux ou de macles d'oxalate de calcium. Les fibres péricycliques forment des amas peu épais, étendus en arc quelquefois, mais ordinairement peu développés dans le sens tangentiel. Liber bien développé, limité en masses distinctes par les rayons médullaires, avec des fibres et des macles d'oxalate de calcium. Bois avec de nombreux vaisseaux à lumen étroit, sans fibres ligneuses ; les cellules et les vaisseaux centraux contiennent de l'oléo-résine. Rayons médullaires unisériés; certaines cellules contiennent un cristal d'oxalate. Moelle composée de cellules à parois épaisses, lignifiées. Pas de canaux sécréteurs médullaires.

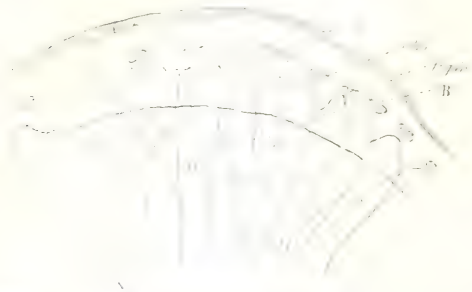


Fig. 12. — *Hyptiandra Bidwillii*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *li.*, liège ; *f.pér.*, péricycle avec amas de fibres ; *lib.*, liber ; *B*, bois.

Pétiole. — Poils longs, rigides, uni-cellulaires. Écorce collenchymateuse, avec de très nombreuses macles d'oxalate de calcium. Les faisceaux forment un cercle continu contenant un à trois faisceaux libéro-ligneux inclus.

Feuille. — Face supérieure composée de cellules à parois rectilignes, sans poils ni stomates. Face inférieure avec poils rigides, droits, uni-cellulaires, stomates nombreux entourés ordinairement de cinq cellules. Deux rangées de cellules en palissade. Cellules du tissu lacuneux polyédriques et ramifiées. Sclérites nombreux longs, flexueux, à ramifications courtes et peu nombreuses ; abondants surtout du côté de la face supérieure, ils sont dirigés parallèlement à la face de la feuille.

Remarque. — La division du liber en amas distincts, par suite du développement des rayons médullaires, ainsi que l'abondance des fibres libériennes rapprochent surtout cette plante des *Cadellia*. Baillon a déjà signalé l'affinité de ces deux genres, particulièrement avec le *Cadellia pentastylis*. Mais, d'autre part, la présence des sclérites dans la feuille et l'absence des canaux sécréteurs médullaires rapprochent les *Hyptiandra* des *Mannia*.

Simaruba Aubl.

Caractères morphologiques. — Arbres à écorce amère, à feuilles tantôt simples, tantôt composées, imparipennées, à fleurs ordinairement petites, portées sur de courts pédoncules, réunies en panicule ramifiée, terminales ou axillaires.

Ces fleurs sont unisexuées et dioïques. Sépales ordinairement au nombre de cinq (rarement quatre ou six), courts, unis vers le bas, dentés ou lobés, imbriqués. Pétales plus longs que les sépales, mais en même nombre qu'eux, à préfloraison tordue. Dans les *fleurs mâles* on trouve des étamines en nombre double de celui des sépales, avec des filets pourvus à leur base d'une écaille courte ciliée ou glabre ; anthères mobiles ; disque épais, hémisphérique, carpelles rudimentaires ou nuls. Dans les *fleurs femelles* les anthères sont atrophiées. Sur le disque on observe cinq carpelles libres ou cohérents. Chaque carpelle contient un ovule à micropyle externe et supérieur. Styles soudés et stigmate à cinq lobes. Le fruit est ovale, l'embryon sans albumen à la maturité avec des cotylédons plan-convexes.

Habitat. — Amérique tropicale, centrale et du Sud.

Nombre des espèces. — Six.

Espèces étudiées. — *S. officinalis* Macf. (Ex. Landes ; Herb. Montpellier). — *S. floribunda* A. St-Hil. (Herb. Montpellier). — *S. glauca* D. C. (Herb. Planchon). — *S. Tulæ* Urb. (Herb. Kew).

Caractères anatomiques. — *S. floribunda*. — *Tige*. — Épiderme à poils longs, rigides, unicellulaires. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Epiderme formé de cellules dont les parois latéro-externes sont très épaisses. Écorce externe nettement distincte de l'écorce interne; l'écorce externe composée d'un plus grand nombre d'assises de cellules que l'écorce interne; cette dernière formée de cellules allongées dans le sens tangentiel (fig. 13). Cristaux d'oxalate de calcium très rares dans l'écorce. Péricycle formé d'amas fibreux très rapprochés les uns des autres et constituant un cercle presque continu. Liber peu développé; homogène avec peu de vaisseaux. Rayons médullaires unisériés. Moelle composée de cellules dont les parois sont lignifiées. Canaux sécréteurs situés à la périphérie de la moelle.

Fig. 13. — *Simaruba floribunda*. Écorce, péricycle et liber externe de la tige; coupe transversale (gr. = 200 env.).

Pétiole. — Épiderme avec poils, écorce collenchymateuse possédant de nombreux cristaux d'oxalate de calcium ainsi que quelques macles. Faisceau libéro-ligneux concentrique, avec trois ou quatre faisceaux internes. Cristaux d'oxalate dans la moelle. Canaux sécréteurs de la tige persistant dans le pétiole.

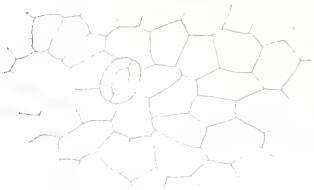


Fig. 14. — *Simaruba tulæ*. — Face inférieure de la feuille (gr. = 250 env.).

Feuille. — Parois externes des cellules épidermiques de la face supérieure finement plissées, stomates uniquement portés par la face inférieure de la feuille; les stomates sont entourés de cinq à six cellules (fig. 14). Une seule rangée

de cellules en palissade ; cellules du tissu lacuneux présentant souvent des prolongements plus ou moins allongés. Sclérites allant d'une face à l'autre, ramifiés, à lumen large, se terminant généralement à la partie supérieure en massue et à la face inférieure en pointe.

S. officinalis. — Peu de différence avec l'espèce précédente, cependant les cristaux sont beaucoup plus abondants.

S. glauca. — Dans la tige on observe des cristaux abondants dans l'écorce, le liber et la moelle ; dans l'écorce interne de grosses cellules scléreuses. Bois avec quelques cellules contenant des cristaux. Dans la feuille (fig. 15) on observe deux rangées de cellules en palissade et l'épiderme inférieur présente à l'extérieur des papilles. Les sclérites sont ramifiés et se terminent sur les deux faces en parties effilées.

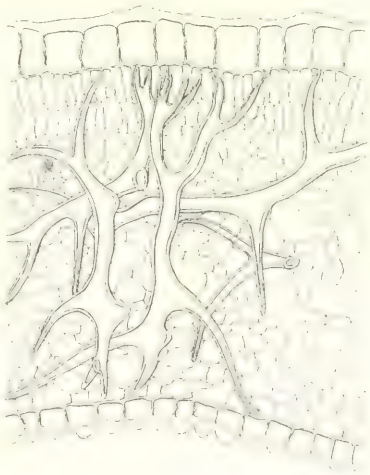


Fig. 15. — *Simaruba glauca.* Feuille ; coupe (gr. = 250 env.).

S. Tulæ. — La feuille ne présente qu'une rangée de courtes cellules en palissade. Les sclérites sont bien moins nombreux que dans les espèces précédentes, souvent placés parallèlement aux faces.

Simaba Aubl.

Synonymie. — *Aruba* Aubl. — *Zwingera* Schreb. — *Phyllostemma* Neck. — *Homalolepis* Turcz.

Caractères morphologiques. — Arbres ou arbrisseaux à écorce amère. Les feuilles sont rarement simples, ordinairement composées imparipennées, le plus souvent dures.

Les fleurs sont grandes ou petites, groupées en inflorescences, rameuses. Les fleurs sont hermaphrodites, généralement à cinq pièces, rarement à quatre pièces. Les sépales sont plus ou moins unis dans le bas, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont plus longs que les sépales, à préfloraison valvaire. Les étamines sont insérées à la base du disque, en nombre double de celui des pétales, celles qui sont opposées aux pétales sont plus courtes ; les filets sont unis à une écaille le plus souvent couverte de poils; les anthères sont introrses, ovales ou oblongues. Les carpelles sont en nombre égal à celui des pétales, et opposés à ceux-ci, insérés sur le disque; ils sont libres, contenant chacun un ovule suspendu épitrope vers le milieu de leur hauteur. Les styles sont soudés à la base, le stigmate est petit et se terminant par cinq lobes. Il y a souvent un nombre restreint de fruits par avortement de quelques-uns, il est plus ou moins comprimé, quelquefois très gros. La graine est ovale à tégument mince, avec un embryon à cotylédons épais, plan-convexes, exalbuminé à maturité.

Habitat. — Amérique du Sud (Guyane et Brésil particulièrement).

Nombre des espèces. — Vingt environ.

Espèces étudiées. — *S. angustifolia* Spruce (Herb. Kew). — *S. Cedron* Planch. (Herb. Kew; Herb. Planchon). — *S. crustacea* Engl. (Herb. Mus. Paris). — *S. cuspidata* A. St.-Hil. (Herb. Kew ; Herb. Drake del Castillo). — *S. ferruginea* A. St.-Hil. (Herb. Montpellier). — *S. floribunda* A. St.-Hil. (Herb. Mus. Paris). — *S. fœtida* Poepp. (Herb. Mus. Paris). — *S. glabra* Engl. (Herb. Mus. Paris) — *S. glandulifera* Gard. (Herb. Kew). — *S. guyanensis* Aubl. (Herb. Mus. Paris: Herb. Kew). — *S. insignis* A. St-Hil. (Herb. Mus. Paris). — *S. maïana* Engl. (Herb. Kew). — *S. nigrescens* Engl. (Herb. Mus. Paris). — *S. obovata* Engl. (Herb. Kew). — *S. orinocensis* H. B. Kunth (Herb. Kew). — *S. salubris* Engl. (Herb. Mus. Paris). — *S. subcymosa* St.-Hil. (Herb. Kew ; Herb. Drake del Castillo). — *S. suffruticosa* Engl. (Herb.

Kew). — *S. trichilioïdes* St.-Hil. (Herb. Montp.) — *S. trichilioïdes, var. glabra* (Herb. Kew). — *S. Warmingiana* Engl. (Herb. Kew).

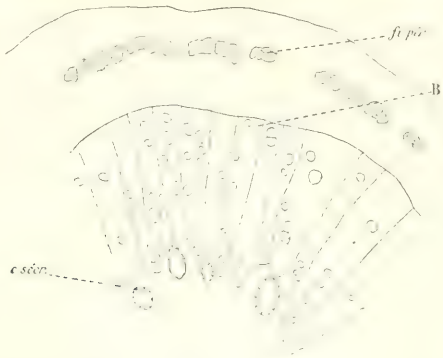


Fig. 16. — *Simaba ferruginea*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *fi.pér.*, péricycle avec amas fibreux ; *B*, bois ; *c.sécr.*, canaux sécréteurs médullaires.

Caractères anatomiques. — *Tige* (1). (fig. 16). — Épiderme à petites cellules dont les parois sont très épaisses, portant ordinairement des poils. Liège naissant aux dépens de l'assise sous-épidermique (fig. 17). Écorce externe collenchymateuse, séparée nettement de l'écorce interne à cellules allongées dans le sens tangentiel par une assise de cellules écrasées. Dans l'écorce on observe souvent des cellules scléreuses (*S. guyanensis*, *nigrescens*, *salubris*, *crustacea*, *fœtida*, etc.). Quelquefois ces cellules scléreuses manquent totalement ou sont en très petit nombre (*S. floribunda*, *ferruginea*, *trichilioïdes*, etc.) — Péricycle possédant des amas

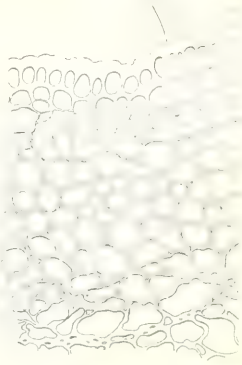


Fig. 17. — *Simaba trichilioïdes*. Écorce de la tige; coupe transversale montrant le début du développement du liège (gr. = 200 env.).

(1) Parmi les espèces citées plus haut, il y en a cinq dont la tige n'a pas été vue par nous : *S. angustifolia*, *maïana*, *obovata*, *orinocensis*, *suffruticosa*.

de fibres formant un cercle presque continu. Liber assez développé; on trouve des cristaux ou des macles d'oxalate de calcium dans l'écorce et dans le liber. Bois avec vaisseaux nombreux; rayons médullaires unisériés. Moelle formée de cellules ayant des parois lignifiées. Les canaux sécréteurs situés à la périphérie de la moelle existent ordinairement, ils sont larges et bien visibles ; dans certaines espèces cependant ces canaux font défaut : *S. cuspidata*, *crustacea*, *fœtida*, *guyanensis*, *nigrescens* et *salubris*. Dans ce cas, on observe de l'oléo-résine dans les vaisseaux du bois.

Pétiole. — Épiderme et écorce ayant à peu de chose près les mêmes caractères que ceux de la tige; les macles d'oxalate de calcium sont cependant plus nombreuses dans l'écorce collenchymateuse. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, et à l'intérieur on observe deux ou trois faisceaux inclus; ordinairement les canaux sécréteurs médullaires de la tige se continuent dans la moelle du pétiole.

Feuille. — Les surfaces supérieure et inférieure ont ordinairement des cellules à contour non sinueux. A la face inférieure seulement on trouve des stomates entourés de quatre à cinq cellules, et des poils plus ou moins longs et flexueux. Dans toutes les espèces étudiées on trouve des sclérites parcourant la feuille. Ces sclérites forment souvent un bourrelet entre l'épiderme supérieur et les cellules en palissade; le même tissu de renforcement existe à la face inférieure, au-dessous de l'assise épidermique. Les sclérites sont plus ou moins ramifiés : les moins ramifiés sont longs et flexueux; ces sclérites sont toujours en grand nombre. Il y a une ou deux rangées de cellules en palissade. Le tissu lacuneux est formé de cellules étoilées laissant de nombreux méats.

Remarque. — Nous avons réuni en un seul paragraphe la description de toutes les espèces de *Simaba* étudiées par nous. D'une manière générale les caractères anatomiques sont très homogènes, sauf en ce qui concerne la présence où l'absence des canaux sécréteurs médullaires. Les espèces

où les canaux sécréteurs manquent sont très voisines comme structure anatomique des *Quassia*.

Oldyendea (Pierre) Engl.

Caractères morphologiques. — Arbres pourvus de feuilles imparipennées, dures, avec des nervures enfoncées dans le parenchyme.

Les fleurs sont petites, nombreuses, en panicules. Elles sont hermaphrodites, le plus souvent tétramères. Les sépales réunis en forme de coupe, sont représentés par quatre lobes obtus et très courts. Les pétales sont plus longs que les sépales, à préfloraison imbriquée. Les étamines sont en nombre double des pétales, plus longues que ceux-ci; les filets sont filiformes, avec une ligule tomenteuse qui s'élève jusqu'en leur milieu. Disque formant un bourrelet élevé, à huit sillons. Quatre carpelles unis, contenant chacun un seul ovule suspendu épitrope. Styles unis, fruit très gros, comprimé, légèrement caréné sur le côté externe, à péricarpe ligneux.

Habitat. — Afrique tropicale occidentale.

Nombre des espèces. — Deux.

Espèces étudiées. — *O. Gabonensis* (Pierre) Engl. (Herb. Pierre). — *O. Klaineana* Pierre (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *O. Klaineana*. — *Tige*. — Épiderme à parois externes épaisses. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce externe collenchymateuse, assez épaisse, nettement séparée de l'écorce interne par une ou plusieurs assises de cellules écrasées. Écorce interne à cellules allongées dans le sens tangentiel. Macles d'oxalate de calcium peu nombreuses dans l'écorce. Péricycle présentant de nombreux amas fibreux : ces amas forment des îlots rapprochés les uns des autres ; on observe autour d'eux de grandes cellules à contenu oléo-résineux. Liber composé d'un grand nombre d'assises de cellules, fibres assez nombreuses. Bois avec de nombreux vaisseaux. Rayons médullaires unisériées. Moelle formée de cellules

à parois lignifiées; quelques-unes contiennent une macle d'oxalate de calcium. Canaux sécréteurs à la périphérie de la moelle.

Pétiole. — Écorce collenchymateuse riche en cristaux et en macles d'oxalate de calcium. Faisceau libéro-ligneux formant un cercle complet dans lequel on observe plusieurs faisceaux libéro-ligneux inclus. Canaux sécréteurs médullaires subsistant dans le pétiole.

Feuille. — Surface supérieure et inférieure constituée par des cellules avec des parois rectilignes ; à la face inférieure on observe des papilles épidermiques très visibles. Les stomates sont entourées de cinq à six cellules de bordure. En coupe, l'épiderme supérieur se montre pourvu d'un hypoderme ; sur la paroi interne des cellules hypodermiques viennent s'appuyer les sclérites. Cellules palissadiques formant deux rangées superposées. Les cellules de tissu lacuneux sont rectangulaires, et n'ont ni ramification ni prolongements, comme cela a lieu ordinairement dans les feuilles qui possèdent des sclérites. Autour des faisceaux libéro-ligneux qui constituent les nervures de la feuille, on trouve de grandes cellules à contenu oléo-résineux. Dans les nervures principales on observe un large canal sécréteur médullaire. L'épiderme inférieur a des papilles très visibles. Les sclérites sont assez nombreux, allant souvent d'une face à l'autre, ramifiés, avec de courts prolongements effilés.

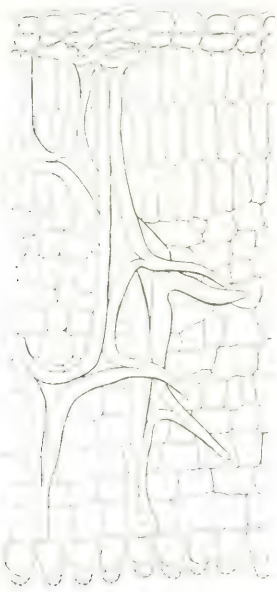


Fig. 18. — *Oldyendea gabonensis.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

O. Gabonensis. — La tige contient beaucoup plus de cristaux et de macles d'oxalate de calcium ; les canaux sécréteurs mé-

dullaires existent. La feuille (fig. 18) a trois rangées de cellules en palissade, les sclérites sont en plus grand nombre que dans l'espèce précédente ; l'hypoderme à la face supérieure et les papilles épidermiques de l'épiderme inférieur sont nettement visibles.

Remarque. — Pierre a d'abord réuni ce genre au genre *Quassia* ; mais Engler n'a pas maintenu cette réunion. L'étude anatomique justifie l'opinion du savant botaniste de Berlin. La présence des canaux sécréteurs médullaires (bien que dans les Simarubacées le caractère tiré de la présence ou de l'absence des canaux secréteurs médullaires peuvent jusqu'à un certain point n'avoir pas une grande importance puisque dans le genre *Simaba* nous venons de trouver certaines espèces dépourvues de ces canaux), la présence d'un hypoderme à la face supérieure de la feuille, l'existence des papilles de l'épiderme inférieur, la forme rectangulaire des cellules du tissu lacuneux (forme spéciale dans les feuilles pourvues de sclérites chez les Simarubacées), la forme des sclérites ; tout cela constitue un ensemble de caractères anatomiques justifiant le maintien du genre *Oldyendea* comme genre distinct des *Quassia*, et vient s'ajouter aux différences tirées des caractères morphologiques.

Quassia L.

Caractères morphologiques. — Arbres à bois blanc amer, écorce gris pâle. Feuilles imparipennées, à pétioles ailés ou non. Folioles lancéolées, minces.

Fleurs assez grandes, d'un rouge vif, en grappes terminales. Elles sont hermaphrodites, pentamères. Il y a cinq sépales unis à la base, imbriqués. Les pétales sont beaucoup plus grands que les sépales, unis dans la plus grande longueur, à préfloraison tordue. Dix étamines, dont cinq plus courtes opposées aux pétales. Les filets sont grêles, pourvus à la base d'une écaille ligulaire tomenteuse, les anthères sont introrses, oscillantes, s'ouvrant en dedans

par deux fentes longitudinales. Le disque est épais, un peu plus large que haut. Cinq carpelles opposés aux pétales, insérés sur le disque; ils sont libres, ovales, uniloculaires; styles longs, grêles, unis entre eux, tordus; stigmates non dilatés. Chaque carpelle porte un ovule descendant épitrope.

Le fruit est formé de cinq coques (quelquefois moins de cinq ; par avortement) indéhiscentes. Chacun n'a qu'une graine, ovale, sans albumen à maturité. L'embryon est gros, à cotylédons épais, plan convexes.

Habitat. Amérique du Sud et Afrique tropicale occidentale.

Nombre des espèces. — Deux.

Espèces étudiées. *Q. amara* L. (Herb. Montp.; Herb. Planchon ; Ex. des Indes anglaises). — *Q. africana* Baill. (Herb. Pierre; Musée colonial de Marseille; serres du Muséum).

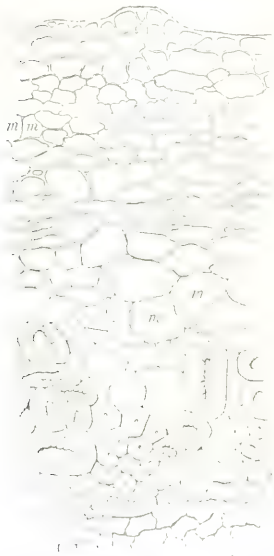


Fig. 19. — *Quassia amara*. Écorce et péricycle fibreux et scléreux de la tige; coupe transversale (gr. = 250 env.). — *m*, cellules contenant des macles.

Caractères anatomiques. — *Q. amara*. — *Tige*. — L'épiderme est composé de cellules assez petites. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce externe (fig. 19) débute par quatre à cinq rangées de cellules à parois minces dont les plus internes contiennent souvent une macle d'oxalate de calcium ; puis on observe quatre à cinq assises de cellules à parois plus épaisses ; au-dessous une zone de cellules écrasées séparant l'écorce externe de l'écorce interne. Celle-ci se compose de cinq à six assises de grandes cellules, les plus externes à parois minces, contenant souvent une grosse macle d'oxalate de calcium, les plus internes qui s'appuient sur le péricycle, ordinairement formées de cellules scléreuses.

Le péricycle contient de petits amas fibreux, reliés entre

eux par des cellules scléreuses. Liber riche en fibres et en macles d'oxalate de calcium. Bois homogène avec de nombreux vaisseaux. Rayons médullaires uniseriés, moelle formée de cellules à parois lignifiées, plusieurs de ces cellules médullaires contiennent des macles. Pas de canaux sécréteurs médullaires.

Pétiole. — Macles nombreuses dans l'écorce composée de cellules collenchymateuses. Faisceau libéro-ligneux formant un cercle complet, à l'intérieur duquel se trouvent des faisceaux internes. Moelle riche en macles d'oxalate de calcium.

Fig. 20. — *Quassia africana.* Face inférieure de la feuille (gr. = 100 env.).

Feuille. — Poils le long des nervures principales. Faces supérieure et inférieure présentant des parois cellulaires ondulées. Stomates sur la face inférieure entourés de trois à quatre cellules. Une seule rangée de cellules palissadiques ; cellules du tissu lacuneux ramifiées. Sclérites très abondants formant un tissu de renforcement au-dessous de l'épiderme supérieur ; ces sclérites ne vont pas ordinairement d'une face à l'autre, mais courent parallèlement aux faces de la feuille en s'enchevêtrant durant leur parcours. Lumen des sclérites très réduit.

Q. africana. — Caractères à peu près identiques à ceux du *Q. amara.* Les sclérites sont aussi abondants que dans l'espèce précédente et ont la même allure : l'écorce externe de la tige est composée de cellules ayant toutes des parois assez épaisses et cellulosiques.

Remarque. — L'anatomie de ces deux espèces a déjà été étudiée par Claudel (1) et par Cornu (2). Nos observations concordent en tous points avec celles de Cornu.

(1) Sur le *Quassia africana* Baill. et sur le *Pancovia Heckeli* Claudel, qui lui est substitué (1894), inséré dans les *Annales de l'Institut colonial de Marseille*, t. II, 1895.

(2) Note sur le *Quassia africana* H. Bn. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, t. XLIII, 1896, p. 523).

Hannoa Planch.

Caractères morphologiques. — Arbres ou arbrisseaux, peu amers, à feuilles imparipennées, à folioles dures.

Fleurs petites, blanches, odorantes, en panicules axillaires ou terminales. Elles sont hermaphrodites ou unisexuées, ordinairement pentamères. Calice gamosépale, corolle velue, à préfloraison imbriquée, quelquefois avec six à neuf pétales. Les étamines des *fleurs mâles* sont ordinairement au nombre de dix, quelquefois douze ou quatorze, celles correspondant aux pétales, plus courtes. Les filets sont unis à la base avec une écaille ligulaire velue. Les anthères sont ovales, le disque est haut, marqué de dix sillons plus longs que le gynécée rudimentaire à cinq lobes. Dans les *fleurs femelles*, les étamines sont stériles, les ovaires, qui sont quelquefois au nombre de quatre ou six, sont libres, les styles courts, les stigmates en étoile.

Dans les fleurs hermaphrodites (*H. Schweinfurthii* Oliv.) le calice, la corolle et l'androcée sont semblables à ceux des fleurs mâles, les carpelles, au nombre de cinq ou six, sont libres. Chaque carpelle contient un ovule pendant épitrope. Les fruits, au nombre de un à six, sont drupacés; la graine est presque sphérique, l'embryon court, les cotylédons plan-convexes.

Habitat. — Afrique tropicale occidentale et centrale.

Nombre des espèces. — Trois.

Espèces étudiées. — *H. undulata* Planch. (Herb. Planchon). — *H. Klaineana* Pierre (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *H. undulata*. — *Tige*. — Épiderme à petites cellules avec de temps en temps un poil externe, rigide, court. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce avec de nombreuses cellules scléreuses disposées irrégulièrement dans les différentes assises. Écorce externe et écorce interne séparées par une zone de cellules écrasées. Péricycle avec amas de fibres peu développées.

isolés les uns des autres. Liber possédant des fibres isolées ou réunies par petits groupes. Ce liber est bien développé. Bois homogène, avec vaisseaux nombreux. Rayons médullaires unisériés et allant en s'élargissant à la périphérie du

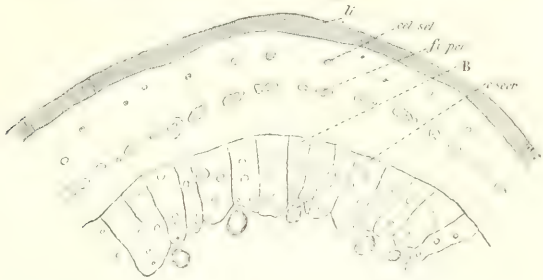


Fig. 21. — *Hannoa undulata.* Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *li*, liège; *cel. sel.*, cellules scléreuses; *fi.pér.*, péricycle; *B*, bois; *c. sécr.*, canaux sécréteurs médullaires.

liber. Moelle composée de grandes cellules à parois lignifiées. Canaux sécréteurs médullaires nombreux et larges.

Pétiole. — Écorce bien développée avec macles d'oxalate de calcium. Faisceau libéro-ligneux concentrique, avec faisceaux inclus et canaux sécréteurs médullaires se prolongeant dans la pétiole.

Fig. 22. — *Hannoa Klaineana.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Feuille. — Faces supérieure et inférieure possédant des cellules à parois rectilignes. Stomates à la face inférieure seulement de la feuille, entourés de cinq à six cellules. Épiderme supérieur pourvu d'un hypoderme dont les cellules sont généralement plus grandes que les cellules épidermiques. Deux rangées de cellules en palissade. Tissu lacuneux à cellules irrégulières plus ou moins ramifiées. Sclérites bien développés allant d'une face à l'autre, ramifiés, se terminant par des parties effilées.

H. Klaineana. — Rayons médullaires quelquefois bisériés. Canaux sécréteurs médullaires moins nombreux et plus petits que chez *H. undulata*. Moelle riche en cristaux et en macles d'oxalate de calcium. Sclérites de la feuille plus nombreux que dans l'espèce précédente (fig. 22).

Remarque. — Les caractères anatomiques des *Hannoa* se rapprochent encore plus des *Oldyendea* que des *Quassia*, par suite surtout de la présence des canaux sécréteurs médullaires et de la forme des sclérites, ainsi que par la présence d'un hypoderme dans la feuille.

EURYCOMINÉES.

Eurycoma Jack.

Caractères morphologiques. — Arbres amers, à rameaux feuillés à leur extrémité ; feuilles imparipennées à nombreuses paires de folioles oblongues.

Les fleurs sont petites, disposées en panicules axillaires ou terminales, très rameuses, recouvertes d'émergences claviformes pluricellulaires. Elles sont hermaphrodites ou unisexuées, pentamères. Les sépales sont petits, unis à la base, souvent avec des poils glanduleux. Les pétales sont plus longs que les sépales à préfloraison valvaire. Le disque n'est pas développé. Dans les *fleurs mâles*, les étamines, au nombre de cinq, sont alternipétales. Les filets ont une courte écaille ligulaire à leur base. Les anthères s'ouvrent en dedans, elles sont ovales. Il y a aussi cinq écailles bilobées, velues, qui sont opposées aux pétales et qui sont des staminodes. Le gynécée est rudimentaire. Dans les *fleurs femelles* qui sont plus petites que les fleurs mâles, il y a cinq étamines, avec de petites anthères opposées aux sépales, et cinq staminodes écailleuses ; cinq carpelles opposés aux pétales ; les styles sont unis et les stigmates libres, en étoile. Il y a un ovule dans chaque carpelle, l'ovule est suspendu épitrope. Le fruit se compose de trois à cinq coques ovales, drupacées, à endocarpe cartilagineux, tardi-

vement déhiscentes sur leur côté interne. Embryon dépourvu d'albumen à maturité, avec des cotylédons plan-convexes.

HABITAT. — Cochinchine. — Archipel Malais.

NOMBRE DES ESPÈCES. — Trois.

ESPÈCE ÉTUDIÉE. — *E. longifolium* Jack (Herb. Pierre; Herb. Montpellier).

CARACTÈRES ANATOMIQUES. — *Tige.* — Épiderme composé de petites cellules, interrompu de temps en temps par un poil, unicellulaire, rigide et court. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce interne à cellules de grandeurs diverses, composée de trois à quatre assises de cellules (fig. 23). Écorce interne composée de grandes cellules, séparées de l'écorce externe par une zone de cellules écrasées. On observe des macles d'oxalate de calcium dans certaines cellules des assises les plus internes de l'écorce externe. Les amas de fibres péricycliques sont isolés les uns des autres; ces amas ont un contour irrégulier et au milieu des fibres on trouve souvent quelques cellules parenchymateuses. Le liber est peu développé, il possède des fibres et des macles d'oxalate de calcium. Le bois est homogène, avec de nombreux vaisseaux à petit lumen. Dans les vaisseaux les plus internes on trouve souvent de l'oléo-résine. Rayons médullaires ordinairement unisériés. Moelle à cellules larges ayant des parois peu épaisses mais lignifiées. Les canaux sécréteurs sont situés à la périphérie de la moelle; ils sont nombreux et larges.

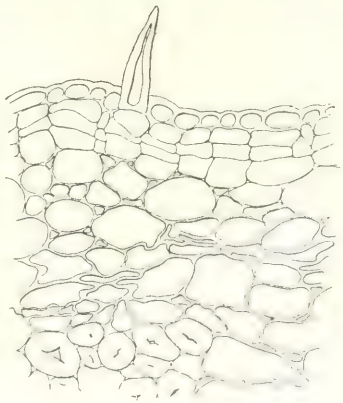


Fig. 23 — *Eurycoma longifolium.* Écorce de la tige; coupe transversale (gr. = 250 env.).

Pétiole. — Poils externes semblables à ceux de la tige,

mais plus nombreux ; faisceau libéro-ligneux formant un cercle complet à l'intérieur duquel on trouve plusieurs faisceaux libéro-ligneux. Les canaux sécréteurs médullaires se continuent dans la pétiole, mais ils sont petits.

Feuille. — Les faces supérieure et inférieure montrent des cellules à parois ondulées. Stomates localisés sur la face inférieure. Les cellules de la face inférieure possèdent des papilles externes. Une seule rangée de cellules en palissade. Tissu lacuneux formé de cellules étoilées. Sclérites très nombreux allongés, flexueux, sans ramifications, dirigés dans tous les sens.

HARRISONIINÉES.

Harrisonia R. Brown.

Synonymie. *Ebelingia* Reichb. — *Lasiolepis* Benn.

Caractères morphologiques. — Arbrisseaux à feuilles imparipennées, rarement trifoliolées, le pétiole est souvent ailé et muni quelquefois de deux épines recourbées à la base, provenant de la métamorphose d'une paire de folioles.

Les fleurs sont petites ; fausses ombelles à peu de fleurs, axillaires ou panicules terminales. Elles sont hermaphrodites, tétramères ou pentamères. Les sépales sont petits, unis à leur base. Les pétales plus longs et plus épais que les sépales, à préfloraison valvaire. Les étamines sont en nombre double des pétales, insérées à la base du disque; les filets sont libres, pourvus d'une écaille ligulaire velue : les étamines opposées aux pétales sont un peu plus courtes que les autres, les anthères sont introrses, cordiformes à la base. Les carpelles sont unis, opposés aux pétales contenant chacun un ovule suspendu épitrope. Les styles sont unis complètement, ou seulement à leur sommet, et alors libres à la base, le stigmate est légèrement dilaté. Le fruit est petit, drupacé, à quatre ou cinq loges, per-

foré en dessous. La graine remplit toute la loge, l'embryon est verdâtre, recourbé, à radicule courte, dirigée vers le haut, les cotylédons sont recourbés en fer à cheval, épais. Il y a encore un albumen peu développé à la maturité.

Habitat. — Archipel malais. Australie. Afrique tropicale.

Nombre des espèces. — Quatre.

Espèces étudiées. — *H. Abyssinica* Oliv. (Serres du Muséum). — *H. Bennettii* (Planch.), Hook. f. (Herb. Pierre). — *H. Brownii* Juss. (Herb. Montp.). — *H. occidentalis* Engl. (Herb. British Muséum).

Caractères anatomiques. — *H. Brownii.* — *Tige.* — Liège sous-épidermique. Ecorce très peu épaisse, avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium et de loin en loin une cellule plus grande que les autres contenant, semble-t-il, de l'oléorésine. Les amas fibreux du péricycle sont très réduits (fig. 24) isolés les uns des autres, reliés entre eux par de grandes cellules. Liber épais, avec un liber primaire écrasé contre les fibres péricycliques. Dans le liber il existe de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Bois homogène, avec de nombreux vaisseaux. Rayons médullaires unisériés. Moelle formée de cellules irrégulières, les unes très grandes rayonnant autour de cellules arrondies et plus petites, les autres à parois plus épaisses (fig. 25 et 26). Il y a aussi de nombreuses macles d'oxalate de calcium dans la moelle. Pas de canaux sécréteurs médullaires.

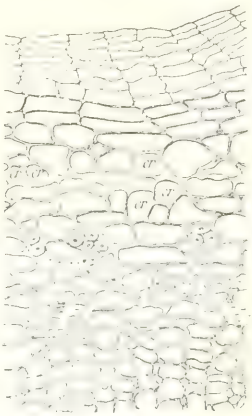


Fig. 24. — *Harrisonia Brownii.* Écorce, péricycle et liber de la tige; coupe transversale (gr. = 250 env.). — *cr.*, cellules contenant de l'oxalate de calcium.

Pétiole. — Au-dessous de l'épiderme, pourvu de quelques poils externes, droits, on observe une écorce collen-

chymateuse avec quelques grandes cellules à contenu oléo-résineux. Les assises internes de l'écorce contiennent de nombreuses macles. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle

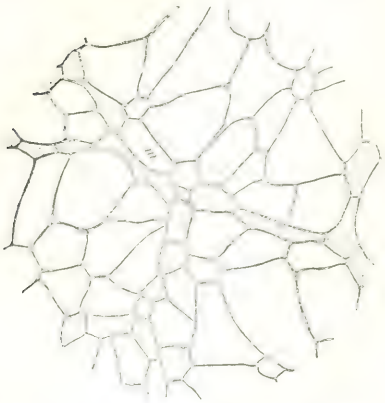


Fig. 25. — *Harrisonia Bennettii.* Moelle de la tige; coupe transversale (gr. = 200 env.). — *m*, cellules contenant une macle d'oxalate de calcium.

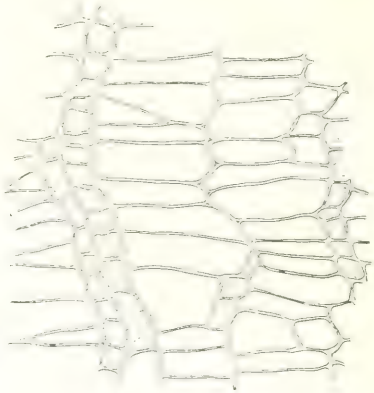


Fig. 26. — *Harrisonia Bennettii.* Moelle de la tige; coupe longitudinale (gr. = 200 env.)

continu insérant une moelle à cellules irrégulières identiques à celle de la tige. Nous n'avons pas observé de faisceaux inclus.

Feuilles. — Les nervures sont pourvues de poils externes longs, flexueux. Faces supérieure et inférieure pourvues de cellules à contours ondulés. Les stomates sont localisés à la face inférieure entourés de trois à quatre cellules. Le mésophylle est peu développé (fig. 27); il n'y a qu'une seul rangée de cellules en palissade, le tissu lacuneux est formé de cellules polyédriques disposées en quatre à cinq assises, sans grands méats.

Fig. 27. — *Harrisonia Brownii.* Feuille; coupe gr. = 250 env.).

H. Bennettii. — Dans la tige, le liber contient une assise

circulaire de fibres, et la moelle identique à celle de l'espèce précédente contient de gros cristaux d'oxalate de calcium en même temps que des macles. La feuille est plus épaisse, avec de très nombreuses macles d'oxalate, mais il n'y a qu'une seule rangée de cellules en palissade.

Les deux autres espèces ont des caractères anatomiques presque identiques à ceux du *H. Brownii*.

Remarque. — Baillon, Bentham et Hooker rapprochent les *Harrisonia* des *Irvingia*; la présence des cellules à oléo-résine de l'écorce, bien que nous n'ayons pas observé de lacunes proprement dites, semble en effet les rapprocher. La moelle si caractéristique permet toujours de distinguer cette espèce des autres Simarubacées. L'absence des canaux sécréteurs médullaires, ainsi que des sclérites, éloigne les *Harrisonia* des plantes que nous venons d'étudier.

CASTELINÉES.

Quatre ou huit feuilles carpellaires uniovulées, parfois cohérentes à la base, dans tous les cas, styles unis à la base. Androcée obdiplostemone ; étamines sans écailles ligulaires distinctes. Fruits libres.

A. — Fleur 4-mère..... 13. *Castela.*
B. — Fleur 7-mère..... 14. *Holacantha.*

Castela Turp.

Caractères morphologiques. — Arbrisseaux à rameaux souvent épineux, à feuilles dures, brièvement pétiolées, lancéolées, entières.

Les fleurs sont, en général, d'un rouge sang, réunies en petit nombre en fausses ombelles à l'aisselle des feuilles. Elles sont dioïques, tétramères. Les quatre pétales sont cohérents à la base. Les quatre pétales sont plus longs que les sépales (trois à quatre fois plus longs environ),

à préfloraison imbriquée. Les étamines sont en nombre double des pétales, insérées à la base d'un disque marqué de quatre ou huit sillons. Il n'y a pas d'écailles, les filets sont assez velus ; les anthères s'ouvrent latéralement, et sont pourvues, au sommet, d'une petite pointe digitée, les carpelles sont rudimentaires. Dans les fleurs femelles les étamines sont petites, stériles, ou n'existent pas. Les carpelles sont opposés aux pétales, ils sont libres à la base, pourvus d'un style linéaire, les styles sont soudés entre eux. Dans chaque carpelle il y a un ovule suspendu épitrope. Les fruits sont au nombre de quatre (ou moins par avortement), ils sont drupacés indépendants. L'embryon est droit, avec un albumen mince à la maturité, les cotylédons sont plan-convexes.

Habitat. — Amérique sud et centrale, dans les régions arides.

Nombre des espèces. — Dix environ.

Espèces étudiées. — *C. celastrioides* Turp. (Herb. Museum Paris). — *C. depressa* Turp. (Herb. Planchon). — *C. erecta* Turp. (Herb. British Muséum). — *C. longifolia* Gris. (Herb. Drake). — *C. Nicholsoni* Hook. (Herb. Planchon). — *C. Tweedii* Pl. (Herb. British. Muséum).

Caractères anatomiques. — *C. depressa*. — *Tige*. —

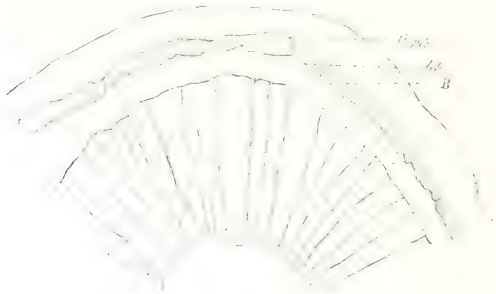


Fig. 28. — *Castela celastrioides*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *fi. pér.*, péricycle fibreux et scléreux ; *lib.*, liber ; *B*, bois.

Cellules épidermiques, petites, à parois externes épaisses. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. Dans l'écorce

on rencontre quelques cellules dont les épaississements sont irréguliers; les parois externes et latérales s'épaississent, tandis que la paroi externe reste mince. L'écorce est assez épaisse, les macles d'oxalate de calcium y sont assez nombreuses. Le péricycle est composé de fibres, mêlées de cellules scléreuses; ce tissu de protection forme un cercle continu à peine interrompu de loin en loin. Liber épais, avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Bois hétérogène; au milieu du parenchyme ligneux on trouve de grandes plages composées de fibres à parois très épaisses; les vaisseaux sont petits. Rayons médullaires unisériés. Moelle à parois très épaisses et lignifiées.

Feuilles. — Faces supérieure et inférieure avec des cellules à contours rectilignes. La face inférieure porte seule les stomates; on y observe aussi des poils abondants et flexueux. Trois stomates entourés de quatre à cinq cellules. L'épiderme supérieur a un hypoderme très bien développé; les cellules épidermiques se divisent quelquefois en deux ou trois cellules superposées, elles sont grandes et allongées dans le sens supéro-inférieur. Il y a trois rangées de cellules en palissade; le tissu lacuneux est formé de petites cellules serrées les unes contre les autres et ne laissant que peu de méats. Il y a un hypoderme réduit à la face inférieure. Les macles sont nombreuses, surtout autour des faisceaux constituant les nervures (fig. 29 et fig. 30).

C. Nicholsoni. — Peu de différences avec l'espèce précédente; les fibres sont très nombreuses dans le bois et donnent au bois un aspect presque homogène. Les feuilles ont des poils à la face inférieure. Les hypodermes sont bien développés (fig. 29), celui de la face supérieure restant plus important que celui de la face inférieure.

C. celastrioides. — Le bois ne contient presque plus que des fibres ligneuses et les vaisseaux sont très petits. Rayons médullaires quelquefois bisériés. Pas de poils à la face inférieure des feuilles.

C. Tweedii. — Presque identique à l'espèce précédente.

C. longifolia. — Dans l'écorce de la tige on observe de nombreuses cellules à épaississement en fer à cheval. Les

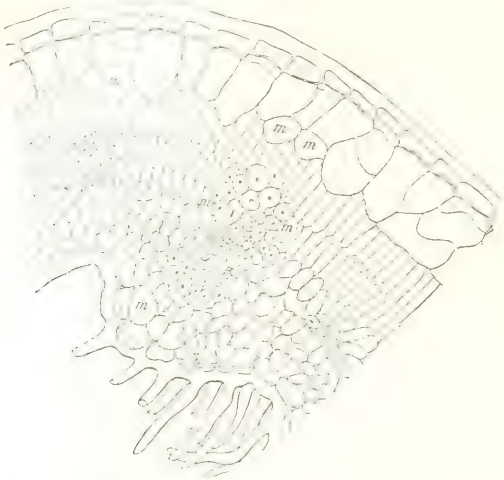


Fig. 29. — *Castela Nicholsoni.* Feuille ; coupe (gr. = 250 env.). — *m*, cellules contenant des macles d'oxalate de calcium.

amas fibreux du péricycle sont plus espacés les uns des autres. Les rayons médullaires sont souvent bisériés. Pas de poils à la face inférieure des feuilles. Les nervures sont accompagnées de une à deux cellules à épaississements sur les parois latéro-internes. Au milieu des cellules en palissades, on observe de-ci de-là, quelques courts sclérites.

Fig. 30. — *Castela Tweedii.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

C. erecta. — Caractères anatomiques se rapprochant de l'espèce précédente. Dans la feuille quelques sclérites.

Remarque. — Nous avons déjà vu des cellules scléreuses à épaississements irréguliers dans les *Samadera* ; mais tandis que dans ceux-ci les épaississements gagnaient la paroi externe, ici cette paroi externe reste toujours mince.

Holacantha A. Gray.

Caractères morphologiques. — Arbrisseaux sans feuilles, avec rameaux épineux, sur lesquels on trouve les fleurs insérées en glomérules.

Les fleurs sont dioïques. Le calice se compose de cinq à huit sépales, à préfloraison imbriquée. Les pétales en nombre égal aux sépales sont oblongs, à préfloraison imbriquée. Les étamines sont en nombre double des pétales, insérées à la base du disque ; les filets sont épais et velus, les anthères introrses. Le gynécée est rudimentaire.

Dans les fleurs femelles, les étamines sont réduites à des staminodes subulés. Les carpelles sont au nombre de cinq à huit et libres ; les styles sont terminaux, cohérents à la base, les stigmates sont divergents. Dans chaque carpelle il y a un ovule suspendu épitrope. Les fruits se composent de quatre à six drupes, avec un embryon droit, ayant un léger albumen à la maturité, les cotylédons plans.

Habitat. — Nouveau Mexique.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — *H. Emoryi* A. Gray. (Herb. Kew).

Caractères anatomiques. — *Tige* (fig. 31). — Épiderme à parois externes très épaissies ; au-dessous on trouve quelquefois six ou sept rangées de petites cellules subérifiées. Les stomates sont situés au fond de dépression de l'épiderme. Sur cette partie épidermique s'appuient de distance en distance des amas de fibres (fig. 31). Ces amas sont plus épais dans le sens radial que dans le sens tangentiel. Entre ces amas fibreux, on observe un tissu riche en chlorophylle, formé par des cellules plus ou moins allongées, radialement, rapprochées les unes des autres, et ayant l'aspect d'un tissu en palissade à courtes cellules. La zone de ces cellules à chlorophylle a une épaisseur un peu plus grande que les amas de fibres et déborde extérieurement au-dessous des amas fibreux, puis il y a une zone composée de quatre à cinq assises de grandes cellules (ti. lac. fig. 31), dont le contenu

n'a pu être étudié, vu la faible quantité de matériaux secs que nous avons eu entre les mains, mais qui paraissent être mucilagineux. Entre ces grandes cellules, les reliant entre elles, se trouvent des cellules plus petites, arrondies, contenant de l'amidon. Le liber situé immédiatement au-dessous est épais, quelques cellules contiennent un gros cristal

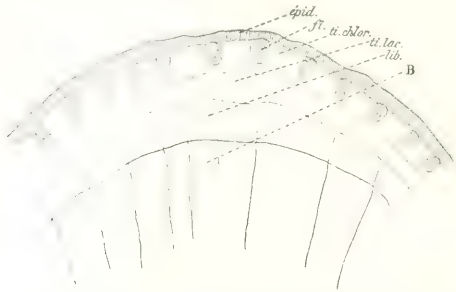


Fig. 31. — *Holacantha Emoryi*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). — *épid.*, épiderme; *fi.*, amas de fibres; *ti. chlor.*, tissu chlorophyllien; *ti. lac.*, zône de grandes cellules; *lib.*, liber; *B.*, bois.

d'oxalate de calcium. Bois avec de très nombreuses fibres et des vaisseaux très petits. Rayons médullaires uniseriés, la plupart des cellules contenant un gros cristal d'oxalate de calcium. La moelle est très restreinte, composée de cellules dont les parois sont épaisses et lignifiées.

Remarque. — Bentham et Hooker, ainsi que Engler ont placé cette plante à côté des *Castela*; Baillon, bien que n'ayant pas vu la plante, maintient ce genre avec doute dans les Simarubacées, à côté des *Castela*. La structure anatomique nous paraît justifier complètement les doutes émis par Baillon. Certes, la plante est aphylle, elle doit donc présenter un tissu assimilateur dans la tige, mais la disposition des amas fibreux, la zone de grandes cellules qui suit la zone du tissu assimilateur, ne rappellent en rien ce que nous avons vu chez toutes les autres Simarubacées. Déjà certains *Castela* ont des feuilles très réduites, mais rien ne fait prévoir dans ce genre, une structure anatomique, qui, même de loin, rappellerait ce qu'on trouve dans le *Holacantha*.

PICRASMINÉES.

Carpelles au nombre de quatre ou cinq, uniséminés, libres. Styles unis à la base ou plus haut, avec branches libres, couvertes en dessus de papilles stigmatiques. Androcée haplostémoné (probablement par avortement) à étamines opposées aux sépales. Étamines sans écailles ligulaires. Fruits libres, non ailés.

A. Pétales plus ou moins divergents. Ovules au milieu ou à la base de l'angle central, avec le micropyle dirigé vers le haut ; feuilles alternes, pennées.
  a. Styles soudés à la base seulement ou libres. Ovules suspendus au milieu..... 15. *Brucea*.
  b. Styles soudés en un seul. Ovules basilaires..... 16. *Picrasma*.
B. Pétales connivents. Ovules soit pendants à micropyle supère, soit ascendants à micropyle ventral et dirigé en bas. Feuilles trifoliolées, opposées..... 17. *Picrella*.

Brucea J. Müll.

Synonymie. — *Lussa*, Rumph. — *Gonus* Lour.

Caractères morphologiques. — Arbres et arbrisseaux amers, à feuilles imparipennées, avec folioles entières ou dentées, ovales ou lancéolées.

Les fleurs sont petites en panicules axillaires et à ramifications latérales formant de fausses ombelles. Elles sont polygames, tétramères. Les sépales sont petits, unis à leur base, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont un peu plus longs, linéaires, à préfloraison imbriquée. Les étamines, en nombre égal aux pétales, sont insérées à la base d'un disque épais à quatre lobes, elles sont alternipétales ; les filets sont nus, libres et les anthères ovales, introrses, les carpelles rudimentaires. Dans les fleurs femelles, les étamines sont réduites à des staminodes, et les quatre carpelles opposés aux pétales sont libres ou unis seulement à leur base, les styles sont libres ou unis à la base, les stigmates simples et divergents. Chaque carpelle

contient un ovule suspendu épitrope. Les fruits sont au nombre de quatre ou en nombre inférieur par avortement, ils sont drupacés. L'embryon est droit avec un albumen mince à la maturité, les cotylédons plan-convexes.

Habitat. — Afrique et Asie tropicales. Australie.

Nombre des espèces. — Cinq.

Espèces étudiées. — *B. antidysenterica* Lam (Herb. Montp.; Serres du Muséum). — *B. paniculata* Lam. (Herb. British Muséum). — *B. sumatrana* Roxb. (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *Tige*.—Poils externes, longs, flexueux, s'insérant profondément dans l'épiderme. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce divisée en deux zones par une assise de cellules écrasées ; écorce externe collenchymateuse, écorce interne avec de grandes cellules allongées dans le sens tangentiel. Macles nombreuses dans l'écorce. Péricycle avec amas fibreux, peu épais, allongés dans le sens tangentiel, isolés les uns des autres. Liber avec fibres et macles d'oxalate de calcium. Bois homogène avec vaisseaux larges, rayons médullaires unisériés. Cellules de la moelle à paroi lignifiées contenant souvent de grosses macles d'oxalate de calcium ; canaux sécréteurs médullaires, petits, peu nombreux.

Fig. 32. — *Brucea antidysenterica*. Feuille; coupe (gr. = 250 env.). — *m*, cellules contenant des macles.

Pétiole. — Poils externes nombreux. Écorce collenchymateuse avec nombreuses macles. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle complet, dans lequel sont inclus quelques faisceaux internes. Les canaux sécréteurs médullaires de la tige se retrouvent dans le pétiole.

Feuille. — Poils rares sur la feuille. Paroi des cellules épidermiques vues de face à contours droits, stomates localisés sur la face inférieure entourés de quatre à cinq cellules.

Une seule rangée de cellules en palissade souvent interrompue par des cellules arrondies contenant une grosse macle d'oxalate de calcium. Cellules du tissu lacuneux avec des cellules plus ou moins ramifiées.

B. sumatrana. — Tige identique, à cela près que les macles sont moins nombreuses. La feuille porte de nombreux poils externes et parmi ces poils quelques-uns sont capités et pluricellulaires.

B. paniculata. — Les parois des cellules épidermiques de la feuille vues de face sont ondulées. Le reste comme dans les espèces précédentes.

Picrasma Blume.

Synonymie. — *Aeschryon* Vell. — *Picræna* Lindl. — *Muenteria* Walp. — *Nima* Hamilton.

Caractères morphologiques. — Arbres amers, à feuilles imparipennées, massées à l'extrémité des rameaux. Les folioles sont entières ou dentées.

Les fleurs sont petites, vert jaunâtre, groupées en panicules formées de fausses ombelles. Elles sont polygames, tétramères ou pentamères. Les sépales sont petits, à préfloraison imbriquée, quelquefois accrescents autour du fruit. Les pétales sont plus longs que les sépales, à préfloraison valvaire. Les étamines sont en nombre égal aux pétales, insérées à la base d'un disque à quatre ou cinq lobes ; elles sont situées en face des pétales ; les filets sont filiformes, sans écaille ligulaire. Les carpelles sont rudimentaires. Dans les fleurs femelles les étamines sont avortées; les carpelles sont au nombre de deux à cinq, ils sont libres, les styles d'abord libres s'unissent bientôt en un seul et se divisent finalement en stigmates libres. Chaque carpelle contient un ovule ascendant épitrope. Les fruits sont au nombre de un à cinq, ils sont drupacés. La graine contient un embryon droit, avec un albumen plus ou moins copieux à la maturité, les cotylédons sont charnus plan-convexes.

Habitat. — Asie et Amérique tropicales.

Nombre des espèces. — Huit environ.

Espèces étudiées. — *P. ailanthoïdes* Pl. (Herb. British Muséum). — *P. excelsa.* Pl. (Herb. Mus. Paris). — *P. javanica* Blume (Herb. Pierre). — *P. nepalensis* Benn (Herb. Drake del Castillo). — *P. quassioides* Benn. (Herb. Planch.; Ex. du Japon). — *P. Tweedii* Pl. (Herb. Planchon).

Caractères anatomiques. — *Tige.* Épiderme à petites cellules. Liège naissant de l'assisse sous-épidermique. Écorce externe séparée de l'écorce interne par une assise de cellules écrasées; écorce externe collenchymateuse, écorce interne composée de cellules allongées dans le sens tangentiel; nombreuses macle d'oxalate de calcium dans l'écorce. Le péricycle contient des amas fibreux, épais, rapprochés les uns des autres, irréguliers. Liber assez épais, certaines cellules contiennent des macles. Bois homogène, avec des vaisseaux larges, plus ou moins bien rangés en cercles concentriques. Rayons médullaires unisériés. Moelle formée de grandes cellules contenant souvent de grosses macles d'oxalate de calcium. Canaux sécréteurs médullaires entourés de bonne heure d'un tissu lignifié; il s'ensuit que les canaux sécréteurs semblent situés dans le bois. Cependant si on étudie la tige jeune, on voit que les canaux sécréteurs sont nettement situés dans la moelle (fig. 33).

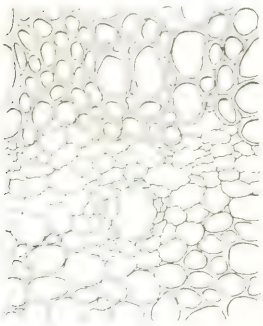


Fig. 33. — *Picrasma quassioides.* Canal sécréteur médullaire dans la tige jeune; coupe transversale (gr. = 250 env.).

Pétiole. — Écorce collenchymateuse, riche en cristaux d'oxalate de calcium. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle continu; à l'intérieur on observe plusieurs (3 à 5) faisceaux inclus. Les canaux sécréteurs de la tige accompagnent quelquefois les faisceaux libéro-ligneux dans le pétiole (P. *quassioïdes*, *Tweedii*) ou bien manquent (P. *javanica*).

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques vues de face sont ondulées. Les stomates, localisés à la face inférieure, sont entourés de cinq à six cellules. Il n'y a qu'une seule rangée de cellules en palissade (dans le *P. nepalensis* on observe cependant une seconde rangée formée de petites cellules). Le tissu lacuneux est formé de cellules ramifiées. Dans la feuille il y a souvent des macles d'oxalate de calcium ; ces macles sont nombreuses (*P. ailanthoïdes.* — *P. excelsa*) plus ou moins rares (*P. javanica.* — *P. nepalensis*, etc.).

Picrella H. Baillon.

Caractères morphologiques. — Arbuste amer, à feuilles opposées, pétiolées à trois folioles. Les folioles sont ovales ou presque ovales, non dentées.

Les fleurs sont petites, blanchâtres, portées sur un pédoncule court avec des préfeuilles, en fausses ombelles, réunies en grappes axillaires. Elles sont hermaphrodites et tétramères, l'axe de l'inflorescence est court et aplati. Les quatre sépales sont ovales, unis à la base, à préfloraison imbriquée ; les quatre pétales sont oblongs, ovales, plus longs que les sépales, cohérents, formant une sorte de cloche au-dessous ; les extrémités sont réfléchies. La préfloraison est valvaire. Les quatre étamines sont placées en face des sépales, insérées au-dessous d'un disque annulaire épais. Les filets sont assez épais et libres. Les anthères sont courtes, ovales, déhiscentes par les côtés. Les quatre carpelles sont libres à la base ; ils sont unis par les styles qui sont insérés près du sommet des loges ovariennes. Chaque carpelle contient un ovule épitrope ascendant ou descendant. Le fruit n'est pas connu.

Habitat. — Mexique.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — P. *trifoliata.* H. Baillon (Herb. Muséum Paris.)

Caractères anatomiques. — Liège naissant de l'assise sous-épidermique. L'écorce contient quelques rares cellules

scléreuses ou de grandes cellules riches en oléorésine; ces cellules à essence sont situées dans l'écorce externe et dans l'écorce interne. Le péricycle contient aussi quelques grandes cellules à oléorésine; les amas de fibres péricycliques sont très peu importants. Ils forment de petits groupes de quatre à cinq cellules fibreuses, placées sur un seul cercle, et ne formant que des amas peu importants. Le liber contient quelques macles d'oxalate de calcium. Le bois contient des fibres ligneuses à parois très épaisses et des petits vaisseaux. Les vaisseaux les plus internes contiennent de l'oléorésine. La moelle est composée de cellules ayant leurs parois lignifiées. Les unes contiennent de l'amidon et certaines d'entre elles sont grandes et ont un contenu oléo-résineux.

Pétiole. — Les cellules épidermiques ont des parois externes très épaisses. L'écorce est collenchymateuse et possède de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Le péricycle a toujours quelques fibres. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, mais sans faisceau interne.

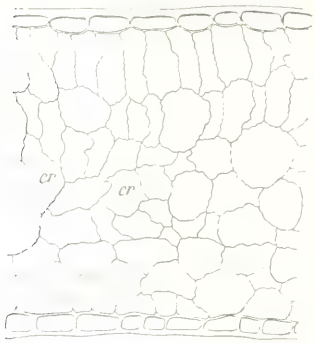


Fig. 34. — *Picrella trifoliata.* Feuille; coupe (gr. = 350 env.). — *cr.*, cellules contenant des cristaux.

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques des faces supérieure et inférieure possèdent des contours droits. Les stomates sont localisés à la face inférieure et entourés de cinq cellules. Il y a deux rangées de cellules en palissade. Ces cellules ont des parois finement ondulées. La rangée la plus interne est interrompue de temps en temps par une grande cellule contenant de l'essence: mais il n'y a aucune glande, comme l'a fait déjà remarquer M. Engler. Les macles sont abondantes surtout du côté de la face supérieure.

PICROLEMMINÉES.

Picrolemma Hook. f.

Caractères morphologiques. — Arbres glabres, avec l'écorce amère. Les feuilles sont imparipennées minces, à nombreuses paires de folioles.

Les fleurs sont petites, portées sur des pédoncules grêles, avec deux préfeuilles, groupées en panicules axillaires composées. Elles sont dioïques. Les *fleurs mâles* sont généralement tétramères, le calice petit, formé de quatre sépales, plus rarement de cinq ou sept unis par le bas, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont en même nombre que les sépales, plus longs que ceux-ci à préfloraison imbriquée. Les étamines sont en même nombre que les pétales, opposées aux pétales; les filets sont filiformes, glabres; les anthères sont ovales, versatiles, à déhiscence latérale. Le disque est petit et l'ovaire rudimentaire. Les *fleurs femelles* sont ordinairement pentamères, plus rarement tétramères, les pétales sont en nombre égal à celui des pièces calicinales. Les étamines sont très petites, stériles, insérées au bas d'un disque ondulé qui a quatre ou cinq lobes. Le gynécée se compose de quatre ou cinq carpelles, libres, chaque carpelle contient un ovule pendant, épitrope. Les styles sont insérés un peu au-dessous du sommet des ovaires : ils sont plus courts que ces derniers, reployés en arrière, avec des stigmates capités. Les fruits sont libres, drupacés, obtus. L'embryon a des cotylédons épais, plan-convexes.

Habitat. — Brésil, vers l'Amazone supérieur.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — *P. Sprucei* Hook. f. (Herb. Muséum Paris).

Caractères anatomiques. — *Tige*. — L'épiderme se compose de cellules carrées. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce est divisée en une zone externe et en

une zone interne par un cercle de cellules écrasées; dans la zone externe on remarque de très nombreuses cellules scléreuses ; ces cellules sont isolées ou groupées par nombre plus ou moins grand ; elles forment une première zone protectrice, qui est située presque au-dessous du liège ; la zone interne de l'écorce se compose de cellules allongés dans le sens tangentiel : le péricycle possède des amas de fibres, plus ou moins étendus; les amas sont isolés les uns des autres et irréguliers. Le liber n'est constitué que par quelques assises de cellules. Le bois est homogène, les vaisseaux y sont assez nombreux et le parenchyme ligneux possède des parois cellulaires assez épaisses. Les rayons médullaires sont unisériés ; on ne rencontre que rarement des rayons bisériés. Les canaux sécréteurs périmédullaires sont petits et nombreux ; la moelle est lacuneuse au centre et formée de grandes cellules à parois minces.

Pétiole. — L'écorce est collenchymateuse, avec de nombreux cristaux d'oxalate de calcium. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle concentrique, dans lequel est contenu un faisceau interne. Le liber est beaucoup plus développé que le bois dans le faisceau interne. Les canaux sécréteurs périmédullaires accompagnent le faisceau dans le pétiole.

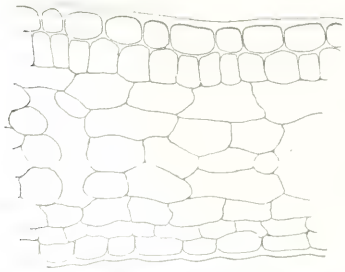


Fig. 35. — *Picrolemma Sprucei.* Feuille ; coupe (gr. = 300 env.).

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques des faces supérieure et inférieure vues de face sont droites; les stomates localisés à la face inférieure et entourés de quatre à cinq cellules. En coupe la feuille est très mince (fig. 35) ; les cellules de l'épiderme sont allongées dans le sens tangentiel; au-dessous on trouve une assise de cellules en palissade courtes et larges ; le tissu lacuneux comprend cinq à six assises de cellules laissant quelques méats.

AILANTHINÉES.

Ailanthus Desf.

Synonymie. — *Pongelion* Rheede.

Caractères morphologiques. — Arbres élevés, quelquefois fortement odorants, à feuilles imparipennées et pourvues de nombreuses paires de folioles obliquement lancéolées, entières ou sinuées-dentées.

Les fleurs sont petites, le plus souvent verdâtres, ou vert-purpurin. Elles sont pedonculées, formant des fascicules par deux ou par trois. Les fascicules eux-mêmes sont groupés le plus souvent en panicules terminales très rameuses. Elles sont hermaphrodites et diclines. Les sépales sont petits au nombre de cinq à six ; unis à la base, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont en nombre égal aux sépales, plus longs que ceux-ci, oblongs à bords involutés, à préfloraison valvaire. Le disque court est à dix lobes. Les étamines sont au nombre de dix (moins nombreuses ou même absentes dans les fleurs femelles), les filets sont libres sans écailles ligulaires : les anthères sont oblongues, ovales : à loges s'ouvrant par les côtés ou à déhiscence à demi interne. Les carpelles sont rudimentaires ou nuls dans les fleurs mâles ; deux à six dans les fleurs hermaphrodites ou femelles. Ces carpelles sont plus ou moins cohérents à la base ou libres, contenant chacun un ovule suspendu, épitrope, au milieu du placenta. Styles ou bien subulés libres, avec stigmates divergents, ou réfléchis, ou bien soudés avec les stigmates divergents, oblongs et obovales. Les fruits, au nombre de un à cinq, sont indépendants, étroits étirés en aile mince vers le haut et vers le bas, linéaires, oblongs ; dans leur milieu se trouve une loge ovale transversale et une graine transversalement placée, comprimée, à tégument mince et pourvu d'un albumen mince à la maturité. L'embryon possède des cotylédons plans.

Habitat. — Indes et Asie orientales, Australie.

Nombre des espèces. — Sept environ.

Espèces étudiées. — *A. calycina*. Pierre (Herb. Pierre) *A. excelsa* Roxb. (Herb. Planchon; Ex. des Indes). — *A. Fauveliana* Pierre (Herb. Pierre). — *A. glandulosa* Desf. (Ex. Montpellier; Herb. Pierre). — *A. imberbifolia*, F. Muell. (Herb. British Muséum). — A. *malabarica* D. C (Herb. British Muséum).

Caractères anatomiques. — *Tige*. — Liège naissant de l'assise sous-épidermique : écorce bien développée, séparée en deux zones par une assise de cellules écrasées ; écorce externe collenchymateuse possédant de nombreuses macles d'oxalate de calcium ; écorce interne formée de cellules allongées dans le sens tangentiel possédant aussi des cristaux et des macles d'oxalate de calcium. Péricycle avec de nombreux amas fibreux, allongés en arc, rapprochés les uns des autres de manière à former un cercle presque continu. Liber riche en macles. Bois à parenchyme homogène, avec de larges vaisseaux. Rayons médullaires rarement unisériés, ordinairement pluriseriés, larges. Moelle à parois minces, lignifiées. Canaux sécréteurs nombreux, larges, situés de chaque côté des vaisseaux primaires, presque inclus dans le bois.

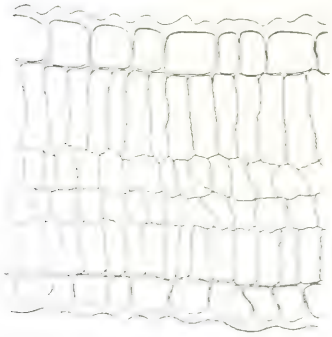


Fig. 36. — *Ailanthus excelsa*. Feuille, coupe (gr. = 300 env.).

Pétiole. — Épiderme pourvu de poils externes. Écorce collenchymateuse. Faisceau libéro-ligneux concentrique, à l'intérieur duquel on observe plusieurs faisceaux libéro-ligneux inclus. Les canaux sécréteurs médullaires de la tige accompagnent les faisceaux qui pénètrent dans la pétiole.

Feuille. — Les parois cellulaires des cellules épidermiques vues de face sont droites. Les stomates sont localisés sur la face inférieure, entourés de cinq à six cellules. Ordi-

nairement il y a deux rangées de cellules en palissade (*A. calycina*, *Fauveliana*, *imberbifolia*, *malabarica*) ; on trouve cependant une seule rangée de cellules en palissade dans *A. glandulosa*. Dans *A. excelsa* (fig. 36), on trouve une feuille très réduite en épaisseur, ayant une rangée de cellules palissadiques à chaque face, les cellules de la face inférieure étant plus petites que celles de la face supérieure ; ces cellules sont en outre à parois finement ondulées ; entre ces deux rangées de cellules on observe deux rangées de petites cellules rectangulaires, il n'y a donc pas ici de tissu lacuneux proprement dit. Dans la plupart des espèces la feuille présente à la face inférieure des papilles épidermiques, bien développées dans *A. Fauveliana*, *imberbifolia* et *malabarica* ; elles le sont moins dans *A. glandulosa*.

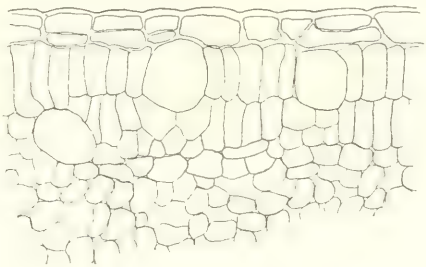


Fig. 37. — *Ailanthus caycinal*. Feuille ; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

Dans les espèces où il y a deux rangées de cellules palissadiques on trouve de grandes cellules contenant de l'oléorésine ; ces cellules sont surtout à la face supérieure, interrompant souvent les cellules palissadiques (fig. 37) : (*A. calycina*, *Fauveliana*, *imberbifolia*, *malabarica*). Enfin dans *A. calycina* seulement on observe à l'épiderme supérieur des cellules qui se dédoublent pour donner naissance à un hypoderme (fig. 37).

SOULAMÉES.

Un, deux ou trois carpelles, unis, uniovulés. Style court et épais avec stigmate sessile (chez les *Soulamea*, *Amaroria* ; peut-être aussi chez les *Picrocardia*) ; trois à six sépales ;

feuilles simples ou imparipennées. Canaux sécréteurs dans la moelle et dans les feuilles.

A. 2-3 carpelles, unis entre eux.
  a. Feuilles pennées, avec 1-2 paires de folioles ; sépales et pétales 4-3..... 20. *Picrocardia.*
  b. Feuilles simples, sépales et pétales 3..... 21. *Soulamea.*
B. 1 carpelle, feuilles simples..... 22. *Amaroria.*

Picrocardia Radlk.

Caractères morphologiques. — Arbrisseaux à écorce amère ; les feuilles sont alternes, ramassées à l'extrémité des rameaux, imparipennées, à une ou deux paires de folioles. La pétiole atteint la longueur des folioles ; ces dernières obovales ou presque ovales, penninerviées et réticulées en dessous, à bords révolutés.

Les fleurs sont petites, pédonculées, accompagnées de préfeuilles, groupées en fausses ombelles, qui, associées en verticilles, forment des panicules racémiformes de la longueur des feuilles. Les fleurs sont diclines. Les fleurs mâles ont quatre à cinq sépales, unis dans le bas, à segments triangulaires faiblement velus. Les pétales sont au nombre de quatre à cinq, linéaires, glabres, à peine en contact, réfléchis à leur extrémité. Le disque en bourrelet, ondulé, lobé sur le bord et creusé de fossettes. Les étamines sont deux fois aussi nombreuses que les pétales et de longueur égale. Celles qui sont opposées aux pétales sont insérées sur le bord du disque, celles qui sont opposées aux sépales sont insérées un peu plus haut dans la fossette du disque. Les filets sont filiformes, les anthères ovales, échancrées à la base, obtuses au sommet, s'ouvrant par des fentes latérales. Point de gynécée rudimentaire dans les fleurs mâles.

Fleurs hermaphrodites non connues.

Fruit à 2 à 3 expansions aliformes, large, en forme de cœur renversé ; presque drupacé, sec, glabre à deux à trois loges ; les loges sont ailées vers le haut, chacune d'elles porte au-dessous de son sommet et sur le bord un débris

de style. Les nervures courent en direction oblique sur l'épicarpe, l'endocarpe est sclérenchymateux. Les loges sont uniséminées. La graine est suspendue à l'angle central de la loge, épaissie vers le bas ; le tégument est mince, l'albumen charnu. L'embryon a des cotylédons charnus.

Habitat. — Nouvelle-Calédonie.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — *P. resinosa.* Radlk. (Ex. Radlkofer ; Herb. Mus. Paris).

Caractères anatomiques. — *Tige.* — Poils externes, longs, pluricellulaires. Épiderme à parois externes très épaisses. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce externe est composée de plusieurs assises de cellules collenchymateuses. Les macles d'oxalate de calcium y sont abondantes, l'écorce interne est beaucoup moins épaisse que l'écorce externe : entre les deux existe une zone de cellules écrasées. Les fibres du péricycle forment des amas irréguliers, épais, rapprochés les uns des autres. Le liber bien développé contient des fibres groupés par amas de quatre à six fibres. Le bois est composé de nombreux vaisseaux ; les plus internes contenant de l'oléo-résine : les rayons médullaires sont unisériés. La moelle est composée de grandes cellules à parois lignifiées : on y observe quelques rares cristaux d'oxalate de calcium. Les canaux sécréteurs médullaires sont nombreux et situés à la périphérie de la moelle.

Pétiole. — L'épiderme a des cellules dont les parois externes sont épaissies ; poils externes nombreux ; l'écorce externe est collenchymateuse avec des macles et des cristaux d'oxalate de calcium en grand nombre. Le bois est réduit. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique avec un faisceau inclus au centre. Les canaux périmédullaires sont nombreux et larges.

Feuille. — La face inférieure montre des stomates réunis par plages avec cinq à six cellules de bordure. Les parois des cellules épidermiques vues de face sont rectilignes. En coupe, les cellules de l'épiderme supérieur sont grandes et

larges, beaucoup d'entre elles présentent une cloison vers la partie supérieure, divisant la cellule en deux cellules d'inégale grandeur ; la plus interne beaucoup plus grande, joue le rôle d'un hypoderme (fig. 38) ; le tissu assimilateur est composé de plusieurs rangées de petites cellules en palissade, le tissu lacuneux est formé de cellules irrégulières plus ou moins ramifiées laissant entre elles des méats. Les nervures sont entourées d'un tissu fibreux de protection qui s'appuie directement sur les deux épidermes et interrompant le tissu assimilateur. Ce tissu de soutien est riche en cristaux d'oxalate de calcium, les nervures sont le plus souvent accompagnées d'un canal sécréteur.

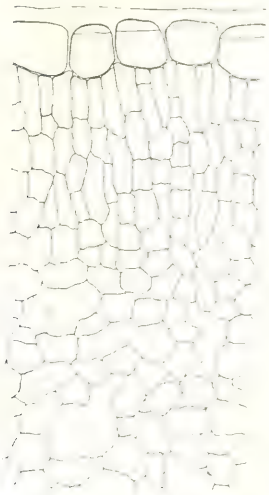


Fig. 38. — *Picrocardia resinosa.* Feuille ; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

Remarque. — M. Radlkofer a bien voulu me donner une foliole de cette plante et j'ai pu me procurer au Muséum d'histoire naturelle de Paris un des exemplaires signalés par M. Radlkofer (Pancher Mus. Nov. Caléd. n° 196) sur lequel j'ai pu étudier la structure de la tige et du pétiole (1).

Soulamea Lam.

Synonymie. — *Cardiocarpus* Reinw, *Cardiophora* Benth.

Caractères morphologiques. — Arbres ou arbrisseaux

(1) Voici d'après Radlkofer (*loc. cit.*, p. 345) les échantillons qui correspondent au *Picrocardia resinosa :* Novo-Caledonia : Deplanche, n° 278 (ins. Taulé, ao. 1861-67, flor. ♂ ; c. indicatione « Cupania », cf. supra, p. 140) ; Pancher, Mus. Neocaled, n° 196 (fruct.) ; Milne, n° 143 (« Isle of Pines, main Peak », octobre 1853, fruct. ; Herb. Hook.).

J'ai étudié le n° 196. Pancher. Quant au n° 278. Deplanche, je l'ai trouvé au Museum de Paris, sous la dénomination de *Saulamea Muelleri* Brong. et

amers, à feuilles alternes longuement pétiolées, simples ou composées, imparipennées.

Les fleurs sont petites, pédonculées, en grappes axillaires ou en fausses grappes composées de fascicules ; ces fleurs sont trimères ou tétramères et même pentamères quelquefois. Elles sont polygames. Les sépales sont unis à la base ou libres. Les pétales alternes, plus longs, quelquefois linéaires, à préfloraison imbriquée ou valvaire. Les étamines sont en nombre double des pièces de la corolle, avec filets libres, nus, courts, subulés ; les anthères sont ovales à déhiscence latérale. Les carpelles sont rudimentaires dans les fleurs mâles. Dans les fleurs femelles les étamines sont stériles ou manquent et les carpelles sont au nombre de deux. Ces styles sont courts, épais, le stigmate est court. Le fruit a deux expansions aliformes, en forme de cœur renversé, à deux loges ; les loges sont ailées vers le haut, avec des nervures parcourant l'épicarpe ; l'endocarpe est sclérenchymateux. La graine est solitaire, fixée au milieu de la loge, à tégument mince, pourvue à la maturité d'un faible albumen ; l'embryon a des cotylédons plan-convexes, minces.

Habitat. — Océanie tropicale et subtropicale.

Nombres des espèces. — Huit.

Espèces étudiées. — *S. amara* Lam. (Herb. Kew). — *S. elegans* Vieill. (Herb. Kew). — *S. fraxinifolia* Brong. et Gris (Herb. Mus. Paris). — *S. Pancheri* Brong. et Gris (Herb. Drake del Castillo ; Herb. British Museum ; — Herb. Mus. Paris). — *S. Muelleri* Brong. et Gris (Herb. Mus. Paris ; Herb. British Mus.). — *S. tomentosa* Brong. et Gris (Herb. British Museum ; — Herb. Mus. Paris). — *S. trifoliata* Baill. (Herb. Mus. Paris). — *S. species* 1° Balansa ; n° 3165 (1868-70), Nouvelle-Calédonie. — 2° Balansa, n° 1063 (1868-70), Nouvelle-Calédonie ; tous deux de l'Herbier du Muséum de Paris. — 3° Vieillard, n° 2417 de l'Herbier du British Museum.

Gris ; j'en parle au paragraphe suivant. Je n'ai pu voir le n° 143 de Milne et le genre *Picrocardia* n'est représenté ni dans l'herbier de Kew, ni dans celui du British Museum.

Caractères anatomiques. — *Tige.* — Épiderme à parois externes fortement épaissies, muni quelquefois de poils longs, pluricellulaires, unisériés (*S. Muelleri*, *tomentosa*, etc.); l'écorce externe est collenchymateuse avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium, l'écorce interne est réduite à quelques assises de cellules; les deux écorces sont séparées par une zone de cellules écrasées. Les fibres péricycliques sont groupées en amas plus où moins développés. Le liber est bien développé avec des fibres groupées par trois ou quatre (*S. Muelleri*, *Pancheri*). Le bois présente de nombreux vaisseaux, les plus internes contiennent de l'oléo-résine. Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle est à cellules larges, à parois lignifiées avec quelques rares cristaux d'oxalate de calcium. Les canaux sécréteurs périmédullaires sont bien développés.

Pétiole. — Épiderme à parois externes épaisses, poils externes pluricellulaires nombreux. L'écorce est collenchymateuse, le faisceau libéro-ligneux est concentrique et contient au centre un faisceau inclus. Les canaux sécréteurs périmédullaires sont bien développés.

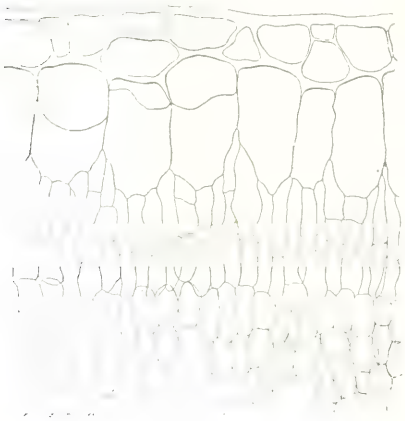


Fig. 39. — *Soulamea trifoliata.* Feuille; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques vues de face sont rectilignes; les poils sont abondants (*S. Pancheri*, *tomentosa*, etc.). Les stomates sont localisés sur la face inférieure, réunis en plages avec cinq ou six cellules de bordure; dans une seule espèce (*S. Pancheri*) les stomates sont situés au fond d'anfractuosités de la face inférieure des feuilles rappelant un peu les cryptes des *Nerium*. La plupart des feuilles,

présentent un hypoderme très développé et constant (*S. trifoliata* (fig. 39) ou bien interrompu de loin en loin (*S. amara*, — *S. fraxinifolia*, fig. 40); ou bien si l'hypoderme n'existe pas d'une manière constante, on trouve de temps à autre, au milieu des grandes cellules épidermiques pourvues ou non d'une cloison mince, un véritable hypoderme (*S. tomentosa*, fig, 41). — Le tissu palissadique est généralement composé de plusieurs rangées de cellules irrégulières plus ou moins ramifiées. Les nervures interrompent le tissu palissadique par le développement d'un épais tissu fibreux de protection, et sont accompagnées d'un canal sécréteur.

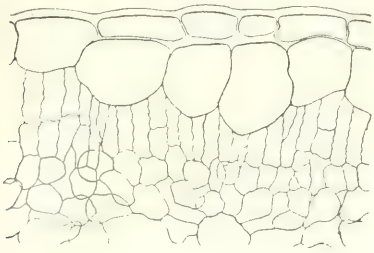


Fig. 40. — *Soulamea fraxinifolia.* Feuille ; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.).

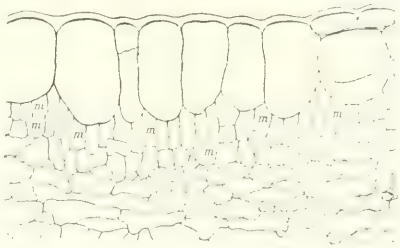


Fig. 41. — *Soulamea tomentosa.* Feuille ; coupe de la partie supérieure (gr. = 250 env.). *m.*, cellules contenant des macles.

Remarque. — Les caractères anatomiques qui se rencontrent dans le *Picrocardia* et dans ce genre ne permettent guère de les séparer. Nous devons rappeler que le *S. Muelleri* que nous avons vu au Muséum porte l'indication suivante : « Ile de Taulé, Deplanche n° 278 (1861-67) ». Or cette indication est donnée justement par Radlkofer comme étant celle d'un des échantillons qui lui a servi à décrire le genre *Picrocardia*. Au point de vue anatomique le *S. Muelleri* présente des caractères identiques à ceux des *Soulamea*.

Brongniart et Gris ont décrit le *S. Muelleri* (*Annales des Sc. naturelles*, *Bot.* 5e série, t. III, p. 231), sur un échantillon qui n'est pas celui de Deplanche ; mais la plante étiquetée *S. Muelleri* que j'ai pu voir au Muséum correspond

bien à la description donnée par les auteurs précités. D'autre part, le n° 196 de Pancher, qui est cité par Radlkofer comme étant le *Picrocardia resinosa*, ne m'a pas paru identique au *Soulamea Muelleri* du Muséum qui porte comme double indication : « n° 2416 Vieillard. Ile de Taulé Deplanche, n° 278 ». Du reste, les caractères différentiels admis par par Radlkofer et Engler pour caractériser ces deux genres sont tirés de la feuille et du nombre des pièces composant chaque cycle floral. La feuille des *Soulamea* est donnée comme entière non seulement par Engler, mais aussi par Bentham et Hooker ; cependant d'autre part, Baillon dit textuellement : « les feuilles sont simples ou composées pennées ». Du reste dans les herbiers du British Muséum, j'ai retrouvé le *S. Muelleri* Brong. et Gris, portant simplement comme indication le n° 2416, ce qui identifie la provenance des deux échantillons conservés l'un dans l'herbier de Paris, l'autre dans l'herbier de Londres.

Nous avons vu à Kew, le *Soulamea terminalioïdes* Baker, avec des feuilles simples, mais nous y avons vu aussi le *S. elegans* Vieill., avec des feuilles composées. De même au British Muséum nous avons vu le *S. tomentosa* Brong. et Gris avec des feuilles composées, tandis que le *S. Pancheri* Brong. et Gris est à feuilles simples. Donc les *S. amara*, *elegans*, *terminalioïdes* et *Pancheri* ont des feuilles simples, tandis que *S. tomentosa*, *Muelleri et fraxinifolia* ont des feuilles composées, ainsi que *S. trifoliata* Baill. La planche I représente l'échantillon de Pancher n° 196 (*Picrocardia resinosa* Radlk.) et on peut voir qu'une même branche peut porter des feuilles simples et des feuilles composées.

La conclusion qui s'impose est que le genre *Soulamea* ne peut être caractérisé par les feuilles. Le caractère tiré du nombre des pièces des cycles floraux ne permet pas davantage de différencier les deux genres. Le *S. amara* a des fleurs trimères, il en de même des *S. fraxinifolia* Brong. et Gris, *S. cardioptera* Baill. et *S. trifoliata* Baill., mais les fleurs sont tétramères dans les *S. Pancheri* et *tomentosa* ; et

tétramères ou pentamères dans le *S. Muelleri* ; cependant le *S. Pancheri* a des feuilles simples, tandis que le *S. tomentosa* a des feuilles composées; ce qui ne permet pas de les grouper en se basant sur l'un ou l'autre de ses caractères.

Ces observations avaient déjà été faites par Brongniart et Gris (1).

Si nous ajoutons qu'au point de vue anatomique nous n'avons pas trouvé de caractères différentiels entre ces deux genres, nous pensons qu'il faut conclure que le *Picrocardia* ne peut être maintenu comme genre distinct, puisqu'il correspond au *S. Muelleri*, et que les *Soulamea* comprennent des espèces à fleurs trimères, tétramères ou pentamères, ainsi que des espèces à feuilles entières ou simples. Au point de vue anatomique, la feuille se caractérise par l'existence d'un hypoderme plus ou moins différencié et d'un tissu palissadique composé de cellules courtes, disposées en plusieurs assises et riches en goutelettes réfringentes.

Amaroria A. Gray.

Caractères morphologiques. — Petit arbre, amer, à feuilles longuement pétiolées, simples, oblongues.

Les fleurs sont petites, en courtes panicules axillaires, simulant des grappes Les fleurs sont unisexuées, monoïques ou dioïques. Les *fleurs mâles* sont trimères; il y a trois sépales et trois pétales assez grands, ovales. Les étamines sont en nombre double des pétales, insérées à la base d'un disque épais, profondément découpé en six lobes. Les filets sont très courts, les anthères sont ovales, à déhiscence latérale.

Les *fleurs femelles* sont composées de quatre à cinq sépales petits et persistants; quatre à cinq pétales linéaires,

(1) *Ann. des Sc. nat. bot.*, 5e série, t. III, 1865, p. 229.

carénés. Les staminodes sont subulés, en nombre double de celui des pétales, insérés à la base d'un disque épais à huit à dix échancrures. Il n'y a qu'un carpelle. Ce carpelle est ovale, uniloculaire, avec un ovule pendant, épitrope, au-dessous du sommet : le stigmate est sessile. Le fruit est une drupe, ovale, légèrement comprimée à sarcocarpe mince et à noyau osseux. La graine remplit presque toute la loge. L'embryon possède une radicule très courte et des cotylédons plans, ovales.

Habitat. — Iles Fidji.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — *A. soulamoïdes* A. Gray (Herb. Muséum).

Caractères anatomiques. — *Pétiole.* — Les cellules épidermiques possèdent des parois externes très épaisses. L'écorce est divisée en deux zones par une assise de cellules écrasées. La zone externe, la plus puissante des deux, est collenchymateuse, la zone interne, plus réduite, est composée de cellules allongées dans le sens tangentiel. Il y a de nombreuses macles dans l'écorce. Le péricycle possède des amas fibreux petits, irréguliers, isolés les uns des autres. Le liber possède des macles dans les cellules du parenchyme libérien. Le bois est compact, homogène avec des rayons médullaires unisériés. Le faisceau libéro-ligneux forme un cercle complet qui contient dans le centre de la moelle un double faisceau libéro-ligneux dont les deux parties sont opposées l'une à l'autre.

La moelle a des canaux sécréteurs périmédullaires ; on observe ainsi entre les deux faisceaux centraux un canal sécréteur. La moelle est composée de cellules dont les parois sont lignifiées.

Feuille. — Les cellules épidermiques de la surface supérieure, vues de faces, ont des parois droites : il en est de même des parois des cellules de la surface inférieure. Les stomates sont entourés de quatre à six cellules de bordure. On observe des poils à la face inférieure, ces poils sont presque exclusivement sur les nervures.

En coupe (fig. 42) les cellules épidermiques supérieures sont irrégulières, la plupart sont petites, pourvues alors d'un hypoderme formé de grandes cellules, plus rarement on n'observe qu'une grande cellule épidermique sans hypoderme. Il y a deux rangées de petites cellules palissadiques à parois légèrement ondulées. Le tissu lacuneux est composé de cellules ramifiées. Les nervures sont protégées par du tissu collenchymateux qui interrompt les cellules assimilatrices et vient s'appuyer directement sur les deux épidermes.

Fig. 42. — *Amaroria soulamoïdes.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Dans les plus grosses nervures de la feuille on voit encore un canal sécréteur périmédullaire qui accompagne le faisceau libéro-ligneux.

Remarque. — Les caractères anatomiques rapprochent beaucoup ce genre des *Soulamea.*

KIRKIÉES.

Kirkia Oliver.

Caractères morphologiques. — Arbres à feuilles glabres, ramassées à l'extrémité des rameaux, pennées avec de nombreuses paires de folioles.

Les fleurs sont vert jaunâtres, ou blanchâtres, groupées en cymes scorpioïdes courtes unies elles-mêmes en panicules rameuses. Elles sont hermaphrodites ou polygames, tétramères. Les sépales sont unis à la base seulement. Les pétales sont oblongs, plus longs que les sépales. Les étamines, en nombre égal aux pétales, sont alternipétales, placées autour d'un disque charnu ; les filets sont filiformes sans appendice ligulaire : les anthères sont ovales

s'ouvrant par deux fentes longitudinales internes. Les carpelles sont au nombre de quatre, enfoncées dans le disque, les styles sont libres, courts, terminés par un stigmate pointu. Chaque carpelle contient un ovule suspendu, épitrope. Le fruit est sec, oblong, à quatre loges, indéhiscent se séparant vers le haut en drupes suspendues à un carpophore central. La graine n'a plus d'albumen à la maturité, elle possède un tégument mince ; les cotylédons sont charnus et plans.

Habitat. — Région du Zambèze.

Nombre des espèces. — Deux.

Espèces étudiées. — *K. acuminata.* Oliver. (Herb. Kew) *K. Wilmsii.* Engl. (Herb. Kew).

Caractères anatomiques. — *Tige.* Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Ecorce avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium ; on trouve dans l'écorce externe de nombreuses cellules scléreuses à lumière large. Les amas fibreux péricycliques sont isolés les uns des autres. Le liber forme des amas nettement limités par les rayons médullaires qui s'élargissent vers la périphérie. La région libérienne présente de nombreuses fibres et des macles. Le bois est homogène, avec de nombreux vaisseaux. Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle possède des cellules à parois lignifiés. Il n'y a pas de canaux sécréteurs médullaires.

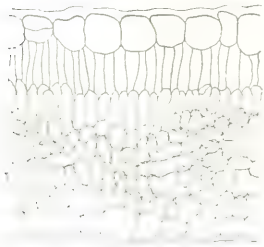


Fig. 43. — *Kirkia acuminata.* Feuille ; coupe (gr. = 250 env.).

Pétiole. — Ecorce collenchymateuse avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Faisceau libéro-ligneux concentrique avec petit faisceau inclus.

Feuille (fig. 43). — Les épidermes vus de face montrent des cellules à parois rectilignes. Les stomates ne se rencontrent que sur la face inférieure. Les cellules épidermiques sont de temps en temps pourvues d'une mince membrane transversale qui divise les cellules en deux. Il y

a deux rangées de cellules en palissade. Le tissu lacuneux est formé de cellules arrondies à parois minces; à la face inférieure, les cellules de la dernière rangée, qui s'appuient sur les cellules épidermiques ont une tendance à s'allonger dans le sens de la largeur de la feuille, formant un tissu pseudo-palissadique.

Dans le *Kirkia Willmsii* on observe des papilles, à la face inférieure de la feuille; papilles qui font défaut dans le *K. acuminata*.

IRVINGIÉES

Cinq à deux carpelles; complètement cohérents, chacun avec un ovule suspendu au-dessous de leur milieu, styles soudés en une colonne subulée terminée par un stigmate simple. Nombre des étamines double de celui des pétales; fruit : drupe pluriloculaire ou uniloculaire.

A. Carpelles, 5. Fruit avec 4-5 noyaux épineux..... 24. *Klainedoxa*.
B. Carpelles, 2. Fruit drupacé uniloculaire..... 25. *Irvingia*.

Klainedoxa Pierre.

Caractères morphologiques. — Arbres élevés. Feuilles simples brièvement pétiolées.

Les fleurs sont petites, en longues grappes, unies elles-mêmes en une grappe terminale. Elles sont hermaphrodites et pentamères. Les sépales sont ovales à préfloraison imbriquée. Les pétales, largement elliptiques, sont aussi longs que les sépales, à préfloraison également imbriquée. Les étamines sont au nombre de neuf ou dix insérées à la base d'un disque épais. Les étamines opposées aux pétales sont plus courtes que les autres. Toutes ont des filets subulés et des anthères arrondies, ovales, s'ouvrant un peu en dedans. Les carpelles sont au nombre de cinq, complètement unis; le style est subulé, recourbé, à stigmate simple. Dans chaque carpelle on trouve un ovule pendant, épitrope.

Le fruit est aussi large que haut, avec un sarcocarpe mince et cinq graines allongées, ligneuses, fibreuses et épineuses. La graine est portée par un assez long funicule oblong, à tégument presque noir, brillant, avec un albumen mince à la maturité. L'embryon a des cotylédons linéaires oblongs.

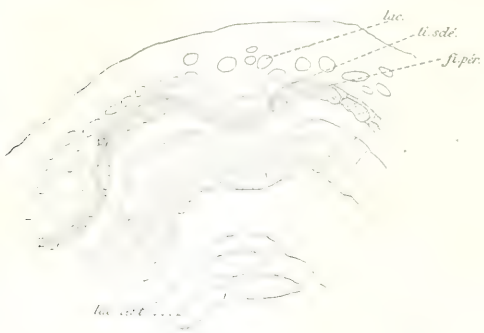


Fig. 44. — *Klainedoxa macrophylla*. Schéma de la tige (gr. = 60 env.). *lac.*, lacunes mucilagineuses; *ti. sclé.*, tissu scléreux; *fi. pér.*, amas de fibres péricycliques; *lac. cent.*, lacunes centrales.

Habitat. — Afrique occidentale.

Nombre des espèces. — Trois.

Espèces étudiées. — *K. gabonensis* Pierre (Ex. Pierre). — *K. macrophylla* Pierre mns. (Ex. Pierre). — *K. longifolia* Pierre, mns. (Ex. Pierre).

Caractères anatomiques. — *Tige* (figure 44). — L'épiderme se compose de petites cellules. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce externe est collenchymateuse et contient de nombreux cristaux d'oxalate de calcium. L'écorce interne montre, en très grand nombre, des cellules larges à contenu mucilagineux (figure 45). Les amas fibreux du péricycle sont reliés entre eux par des cellules scléreuses et le tout forme ainsi un cercle continu protecteur. Le liber est réduit. Le bois est hétérogène, il contient de nombreuses fibres ligneuses, des

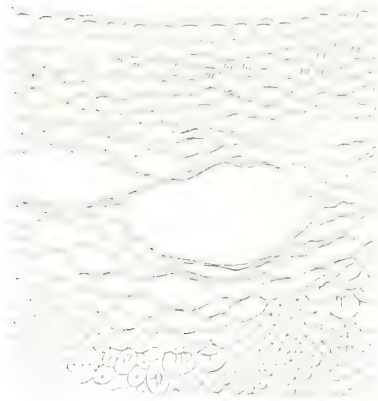


Fig. 45. — *Klainedoxa longifolia*. Écorce de la tige; coupe transversale (gr. = 250 env.).

cellules parenchymateuses à parois épaisses et des vaisseaux nombreux et larges. Les rayons médullaires sont unisériés. La moelle est lignifiée à la périphérie : au centre les parois des cellules médullaires sont minces et il existe de grandes lacunes à mucilage (fig. 44).

Fig. 46. — *Klainedoxa longifolia.* Face inférieure de la feuille (gr. = 100 env.).

Pétiole. — L'épiderme est formé de petites cellules. L'écorce externe est collenchymateuse et riche en oxalate de calcium. L'écorce la plus interne contient de nombreuses grandes cellules à mucilage. Le faisceau est concentrique et au centre il y a une partie médullaire laissant une large lacune.

Feuille. — Les épidermes, vus de face, montrent des cellules dont les contours sont faiblement ondulés. Les stomates sont entourés de quatre cellules de bordure, dont deux sont toujours latérales et deux situées en haut et en bas (fig. 46 et 47). L'hypoderme est développé, avec des cellules beaucoup plus grandes que celles de l'épiderme (fig. 48) ; il y a en dessous une rangée de cellules assimilatrices. Le tissu lacuneux est formé de cellules plus ou moins irrégulières, laissant entre elles de nombreuses lacunes. Les nervures sont entourées d'une zone épaisse de tissu fibreux qui les protège.

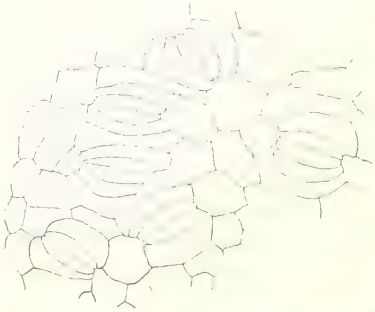


Fig. 47. — *Klainedoxa gabonensis.* Face inférieure de la feuille (gr. = 100 env.).

Remarque. — Pierre a émis l'avis que les *Klainedoxa*

réunis aux *Irvingia* devraient former la famille des Irvingiacées voisine, mais distincte de celle des Simarubacées. Certains caractères anatomiques militeraient en faveur de cette opinion. La présence des grandes lacunes mucilagineuses dans l'écorce et dans la moelle, et bien plus encore la forme des cellules qui entourent les stomates, si différentes de celles qu'on observe chez toutes les Simarubacées, permettent de distinguer très nettement les *Klainedoxa* et les *Irvingia* de toutes les autres Simarubacées.

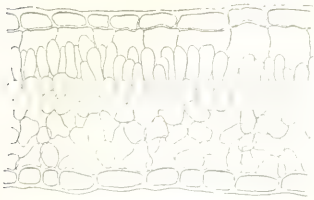


Fig. 48. — *Klainedoxa macrophylla.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Irvingia Hook. f.

Caractères morphologiques. — Arbres avec des ramifications terminales grêles. Les feuilles brièvement pétiolées, glabres, oblongues, dures.

Les fleurs sont petites, blanchâtres ou jaunâtres, exhalant une odeur suave, pédonculées, en panicules composées, lâches, terminales ou axillaires. Elles sont hermaphrodites tétramères ou pentamères. Les sépales sont petits, à préfloraison imbriquée. Les pétales sont en même nombre que les sépales à préfloraison imbriquée. Les étamines sont au nombre de huit à dix, elles sont insérées au-dessous d'un disque épais et formant un bourrelet. Les filets sont libres, minces, filiformes. Les anthères sont ovales, arrondies, à déhiscence latérale. Il y a deux carpelles entièrement soudés, chacun d'eux contient un ovule suspendu et épitrope. Le style est subulé, recourbé, avec un stigmate simple. Le fruit est une drupe assez volumineuse, oblongue, un peu comprimée, uniloculaire et uniséminée. Le sarcocarpe est épais, l'endocarpe épais et dur. La graine est comprimée, recouverte d'une enveloppe extérieure, brillante. L'albumen est

ordinairement très réduit à la maturité. L'embryon est à radicule courte, les cotylédons sont plan-convexes.

Habitat. — Afrique tropicale, Cochinchine et Malacca.

Nombre des espèces. — Quatre.

Espèces étudiées. — *I. Barteri* Hook. f. (Herb. Muséum). — *I. gabonensis* Baillon. (Herb. Pierre). — *I. Olivieri* Pierre (Herb. Pierre).

Caractères anatomiques. — *I. gabonensis*. — *Tige*. — Liège naissant dans l'assise sous-épidermique. Au-dessous, dans les assises externes de l'écorce, une rangée presque continue de cellules scléreuses dont les parois internes et latérales sont épaissies. On rencontre aussi de nombreux cristaux d'oxalate de calcium. L'écorce interne contient de grandes cellules à mucilage, avec quelques cellules scléreuses isolées. Le péricycle contient des amas de fibres, formant des îlots irréguliers, isolés les uns des autres et reliés entre eux par des cellules scléreuses. Le tissu protecteur forme donc un cercle continu. Le liber contient des fibres et des cristaux d'oxalate de calcium. Le bois se compose de cellules parenchymateuses à parois peu épaisses, de fibres ligneuses et de gros vaisseaux ligneux. La moelle, lignifiée à la périphérie, conserve au centre des cellules à parois minces et de nombreuses lacunes mucilagineuses.

Pétiole. — Le tissu cortical externe est collenchymateux, le tissu interne contient de grandes cellules à mucilage. Il y a un faisceau libéro-ligneux presque concentrique, à l'intérieur il y a une grande lacune médullaire.

Feuille. — L'épiderme supérieur, vu de face, présente des cellules à parois rectilignes, tandis que les parois des cellules épidermiques de la face inférieure sont ondulées. Les stomates sont localisés sur la face inférieure, ces stomates sont presque identiques à ceux observés dans le genre *Klainedoxa*.

L'épiderme supérieur présente des cellules souvent pourvues d'une paroi transversale, qui découpe alors un hypoderme plus ou moins irrégulier. Il n'y a qu'une seule rangée

de cellules en palissade (fig. 49). Dans le tissu lacuneux, formé de cellules arrondies ou légèrement ramifiées, on trouve quelques-unes de ces cellules pourvues de parois assez épaisses. Les nervures sont fortement protégées par une zone épaisse de tissu fibreux qui les entoure.

I. Barteri. — Il faut noter l'existence d'un hypoderme constant, bien délimité, ainsi que de véritables sclérites courant généralement parallèlement aux faces de la feuille, mais souvent plus ou moins ramifiées. Ces sclérites sont à lumière large. Les parois externes des cellules épidermiques de la face inférieure sont proéminentes vers l'extérieur et présentent une tendance à se prolonger en papilles.

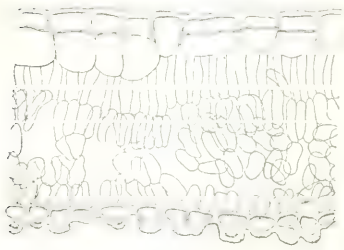


Fig. 49. — *Irvingia Olivieri.* Feuille ; coupe (gr. = 250 environ).

J. Olivieri. — Ici, comme le montre la figure 49, les papilles sont nettes, l'hypoderme est plus ou moins irrégulier, mais s'observe ordinairement : les sclérites sont rares, mais sont constituées comme dans l'*I. Barteri.* Les autres caractères de la tige et du pétiole de ces deux dernières espèces sont semblables à ceux de l'*I. gabonensis.*

Remarque. — Plusieurs auteurs ont considéré l'*I. Barteri* comme devant être confondu avec l'*I. gabonensis.* Les caractères anatomiques de la feuille paraissent motiver l'opinion de ceux qui font, de ces deux plantes, deux espèces distinctes.

PICRAMNIOIDÉES

PICRAMNIÉES

Picramnia Sw.

Synonymie. — *Turiri* Aubl.

Caractères morphologiques. — Arbres ou arbrisseaux,

souvent très amers ; à feuilles alternes, imparipennées ; les folioles obliquement ovales ou oblongues, longuement acuminées, glabres ou munies de poils serrés jaunâtres ou brunâtres.

Les fleurs souvent très petites, rouges ou verdâtres, dioïques ; les mâles en glomérules ou en fascicules, formant de faux épis ou de fausses grappes ; les femelles souvent plus longuement pédonculées en grappes ; les inflorescences partielles formant des panicules. Les fleurs à trois ou cinq divisions à chaque cycle. Les sépales trois à cinq, unis à la base, imbriqués. Les pétales en même nombre, linéaires, plus longs que les sépales. Les *fleurs mâles* possèdent trois à cinq étamines opposées aux pétales, insérées entre les lobes d'un disque mince ; les filets sont subulés, les anthères introrses, presque globuleuses à connectif épais ; l'ovaire est rudimentaire ou nul. Les *fleurs femelles* possèdent trois à cinq staminodes linéaires en face des pétales. L'ovaire, inséré sur le disque, est composé de deux à trois carpelles, chaque carpelle renferme deux ovules épitropes suspendus au sommet. Il y a deux à trois styles qui sont quelquefois un peu cohérents, et dont les branches sont recourbées en arrière. Le fruit est une baie ovale ou presque sphérique, à une ou deux loges, rarement à trois loges, renfermant chacune une graine. La graine est pendante, à tégument mince, d'un rouge pâle, sans albumen à maturité : l'embryon est presque sans radicule.

Habitat. — Amérique tropicale.

Nombre des espèces. — Trente environ.

Espèces étudiées. — *P. andicola* Tul. (Herb. Muséum Paris). — *P. antidesma* Sw. (Herb. Muséum Paris). — *P. apetala* Tul. (Herb. Planchon). — *P. Bonplandiana* Tul. (Herb. Paris et Herb. British Museum). — *P. ciliata* Mart. (Herb. British Museum). — *P. costaricensis* Tul. (Herb. Planchon). — *P. Gardneri* Planchon (Herb. Brit. Museum). — *P. Glaziowiana* Engl. (Herb. Muséum Paris). — *P. gracilis* Tul. (Herb. Planchon). — *P. grandiflora* Engl. (Herb.

Muséum Paris). — *P. longissima* Tul. (Herb. Planchon). — *P. lucida* Tul. (Herb. Planchon). — *P. micrantha* Tul. (Herb. Muséum Paris). — *P. pentandra* Sw. (Herb. Drake del Castillo). — *P. polyantha* Planchon (Serres Mus. Paris). — *P. Sellowii* Planchon (Herb. British Museum et Herb. Museum Paris). — *P. sphærocarpa* Planch. (Herb. Planchon). — *P. Teapensis* Tul. (Herb. Planchon). — *P. venicosa* Tul. (Herb. Planchon). — *P. violaceum* Triana (Herb. British Muséum).

Caractères anatomiques. — *Tige.* — L'épiderme se prolonge quelquefois en poils, droits, rigides, unicellulaires. Le liège naît de l'assise sous-épidermique. L'écorce externe est collenchymateuse, passant peu à peu à l'écorce interne, sans qu'on observe entre les deux parties de l'écorce la zone de cellules écrasées qui existe dans presque toutes les Simarubacées, avec quelques macles dans certaines cellules corticales. Le péricycle est constitué par un cercle continu de cellules de renforcement ; les amas fibreux étant réunis les uns aux autres par des cellules scléreuses (fig. 50). Le liber est le plus ordinairement dépourvu de macles et de fibres ; il est toujours peu développé. Le bois est homogène, avec des vaisseaux à lumen rétréci. Les rayons médullaires sont unisériés. Les parois des cellules médullaires se lignifient de bonne heure, même celles qu'entourent les vaisseaux internes du bois primaire. Il n'y a pas de canal sécréteur dans la moelle. On observe des macles ou des cristaux d'oxalate de calcium dans la moelle.

Fig. 50. — *Picramnia venicosa.* Écorce pericycle et liber externe de la tige; coupe transversale (gr. = 250 environ.). — *m.*, cellules avec macles.

Pétiole. — L'écorce est collenchymateuse, avec de nombreuses macles d'oxalate de calcium. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, sans faisceau inclus; ce faisceau est presque toujours ouvert à la base des folioles.

Feuille. — Les parois des cellules épidermiques vues de face sont presque toujours ondulées. Les stomates sont localisés à la face inférieure, ils sont entourés de trois à cinq cellules et la disposition de ces cellules rappelle celle que l'on trouve dans toutes les Simarubacées. La face inférieure des folioles possède quelquefois des poils externes droits plus ou moins longs.

La feuille est mince, composée d'un petit nombre de cellules; il n'existe qu'une seule rangée de cellules en palissade, ces cellules sont plus ou moins allongées, quelquefois assez irrégulières comme dans *P. gracilis* (fig. 51).

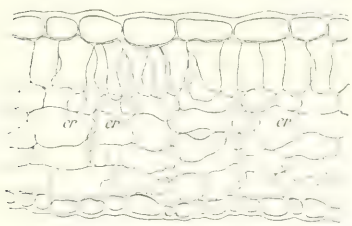


Fig. 51. — *Picramnia gracilis.* Feuille; coupe transversale (gr. = 250 env.). — *cr.*, cellules avec cristaux.

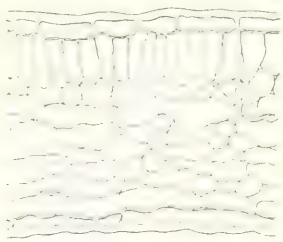


Fig. 52. — *Picramnia antidesma.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Le tissu lacuneux comprend cinq ou six rangées de cellules plus ou moins irrégulières. Certaines espèces n'ont pas ou ont très peu de macles comme dans *P. antidesma* (fig. 52); le plus souvent on observe des macles ou des cristaux situés dans les cellules à peine différenciées du tissu lacuneux. *P. gracilis* (fig. 51); ou bien les macles sont très grosses et contenues dans des cellules beaucoup plus grandes du tissu lacuneux, ou même dans de grandes cellules qui interrompent les cellules en palissade comme dans *P. apetala* (fig. 53).

Remarque. — L'homogénéité des caractères observés

dans les *Picramnia* nous permet de ne pas décrire chaque espèce étudiée à part. Un certain nombre de caractères anatomiques permettent de distinguer les *Picramnia* des autres Simarubacées : Le pétiole ne contient pas de faisceau inclus dans le faisceau libéro-ligneux et est toujours ouvert, à la base des folioles; la minceur de la feuille et le tissu palissadique, toujours constitué par une seule rangée de cellules; enfin, dans la tige, l'absence de la zone de cellules écrasées qui séparent l'écorce externe de l'écorce interne dans presque toutes les autres Simarubacées, et le faible développement du liber.

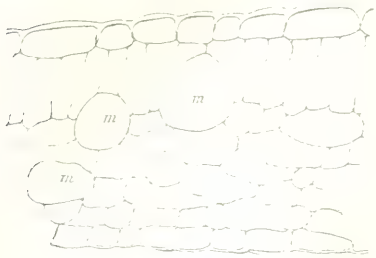


Fig. 53. — *Picramnia apetala*. Feuille; coupe gr. = 250 env. — *m.*, cellules avec macles.

ALVARADOIDÉES

ALVARADOÉES

Alvaradoa Lieb.

Caractères morphologiques. — Arbrisseaux amers à feuilles alternes imparipennées, folioles nombreuses, ordinairement recouvertes de poils courts.

Fleurs petites en grappes multiflores terminales ou axillaires. Ces fleurs sont dioïques pentamères. Les sépales sont petits, unis à leur base, à préfloraison valvaire. Les pétales sont ordinairement avortés. Dans les *fleurs mâles* on trouve cinq staminodes réduits à leur filet stérile, et cinq étamines fertiles, alternisépales, les filets sont longs, filiformes ; les anthères sont introrses à déhiscence longitudinale. Disque à cinq lobes ; gynécée nul. Dans les *fleurs femelles*, les étamines sont nulles, le disque a trois ou cinq lobes, l'ovaire comprend deux ou trois carpelles, dont un ou deux sont vides ; le car-

pelle fertile contient deux ovules insérés à la base de la loge ; ces ovules sont ascendants avec un micropyle infère ; les styles sont inégaux et les stigmates, subulés, reployés en arrière. Le fruit est capsulaire, comprimé, presque samaroïde avec deux ou trois ailes atténuées en pointes, pourvues sur les bords d'un duvet blanc. La graine est comprimée, à tégument mince, sans albumen à la maturité, avec un embryon à cotylédons plans et à radicule tourné vers le bas.

Habitat. — Amérique centrale.

Nombre des espèces. — Trois.

Espèces étudiées. — *A. amorphoïdes* Liebm (Herb. Kew). — *A. jamaicensis* Benth. (Herb. Kew).

Caractères anatomiques. — *Tige*. — Cellules épidermiques ayant des parois externes épaisses, présentant souvent des poils unicellulaires ou des poils capités avec un pédicelle court et une cellule terminale ovale. Liège naissant de l'assise sous-épidermique. Écorce interne à cellules arrondies, présentant vers l'intérieur une zone de cellules écrasées qui sépare l'écorce externe de l'écorce interne. Cristaux et macles d'oxalate de calcium dans l'écorce. Péricycle fibreux formant un cercle continu, peu épais (fig. 54). Liber uniforme. Bois homogène présentant des vaisseaux internes remplis souvent d'oléorésine. Rayons médullaires unisériés. Moelle sans canaux sécréteurs, les cellules ont des parois lignifiées peu épaisses.

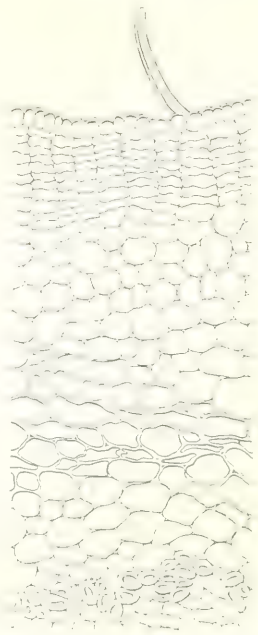


Fig. 54. — *Alvaradoa amorphoïdes*. Écorce et péricycle de la tige ; coupe transversale (gr. = 250 env.).

Pétiole. — Écorce collenchymateuse, le faisceau libéroligneux est concentrique, sans faisceau interne ; à la base des folioles, le faisceau est ouvert.

Feuille. — Les cellules des faces supérieure et inférieure sont pourvues de parois rectilignes; les parois externes des cellules de la face inférieure proéminent fortement vers l'intérieur et masquent les stomates. On observe des poils courts et rigides sur la face inférieure. Il n'y a qu'une seule rangée de cellules en palissade, ces cellules palissadiques sont allongées, les cellules du tissu lacuneux sont irrégulières et certaines d'entre elles sont arrondies et présentent des parois assez épaisses (fig. 55).

Fig. 55. — *Alvaradoa amorphoïdes.* Feuille; coupe (gr. = 250 env.).

Remarque. — Les *Alvaradoa* ont été placés par presque tous les botanistes dans les Sapindacées, mais avec doute, et quelques-uns avaient remarqué les affinités que ce genre présente avec les *Picramnia*. Radlkofer (1) en étudiant les Sapindacées a montré que les *Alvaradoa* devaient être considérés comme des Simarubacées. Engler a adopté cette manière de voir. L'étude anatomique de cette plante n'infirme en rien cette opinion. Le tissu palissadique qui ne comprend qu'une rangée de cellules et la présence d'un faisceau libéroligneux concentrique, sans faisceau inclus dans le pétiole, faisceau qui est ouvert à la base des folioles, rapprochent en effet ces plantes des *Picramnia*.

Picrodendron Planch.

Caractères morphologiques. — Arbre légèrement amer, à feuilles longuement pétiolées, trifoliolées, parcheminées. Les folioles sont oblongues, atténuées à la base, obtuses au sommet, faiblement dentées, verdâtres en dessus, gris jaunâtre en dessous.

Les fleurs sont encore incomplètement connues. Elles

(1) *Ueber die Gliederung der Familie der Sapindaceen* (*Sitzungsb. der math-physik. Classe der K. b. Akad. der Wissenschaften zu München*, p. 138-147).

sont unisexuées, très vraisemblablement dioïques. Les sépales, au nombre de cinq, sont unis vers le bas, les carpelles sont au nombre de deux, unis ; chacun d'eux contient deux ovules collatéraux, pendants, épitropes. Les styles sont linéaires avec un stigmate simple. Le fruit est uniloculaire, il ne contient qu'une graine par avortement. Il est presque globuleux, drupacé, avec un exocarpe mince et un endocarpe dur et indéhiscent. La graine est irrégulièrement ovale, pourvue d'un sillon longitudinal dans sa partie antérieure à tégument mince. L'embryon est à radicule courte, les cotylédons sont reployés sur eux-mêmes.

Habitat. — Indes occidentales.

Nombre des espèces. — Une.

Espèce étudiée. — *P. juglans* Gris. (Herb. Muséum).

Caractères anatomiques. — *Tige.* — L'épiderme est formé de cellules petites et dont quelques-unes se prolongent vers l'extérieur en poils. L'écorce présente dans sa partie externe de grandes cellules à parois peu résistantes, minces, puis ces cellules passent rapidement à une zone formée de cellules collenchymateuses, au milieu desquelles on trouve de grandes cellules mucilagineuses (fig. 56) qui paraissent semblables à celles qu'on observe dans les genres *Klainedoxa* et *Irvingia*.

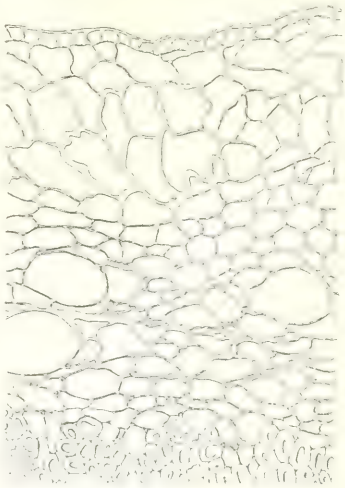


Fig. 56. — *Picrodendron juglans*: Ecorce et pericycle de la tige ; coupe transversale (gr. = 250 env.).

L'écorce, dans sa partie interne, est formée par de grandes cellules allongées dans le sens tangentiel : dans cette zone interne, on observe aussi de grandes cellules à mucilage. Les deux zones de l'écorce sont séparées par une zone de cellules écrasées. Les fibres péricycliques forment des amas

rapprochés les uns des autres. Toute la partie corticale ne contient pas de macles. Le liber est aussi privé de macles d'oxalate de calcium. Le bois est hétérogène, il y a de nombreuses fibres ligneuses au milieu de rares cellules parenchymateuses. La moelle contient des cellules à parois lignifiées, mais vers le centre on trouve une lacune contenant des matières mucilagineuses.

Pétiole. — L'écorce contient quelques macles, elle est fortement collenchymateuse. La partie corticale contient aussi un grand nombre de larges cellules à mucilage. Le faisceau libéro-ligneux est concentrique, et au centre on observe une large lacune mucilagineuse.

Feuille. — La feuille présente, de face, des cellules épidermiques dont les parois sont droites, ces cellules sont petites. Les stomates sont entourés par quatre cellules de bordure affectant à peu près l'allure des stomates des Irvingiées et n'existent qu'à la face inférieure. Chaque faisceau qui parcourt la feuille est protégé par du tissu protecteur fibreux, qui vient s'appuyer sur l'épiderme inférieur et sur l'épiderme supérieur de la feuille, interrompant le tissu assimilateur et le divisant ainsi en parties distinctes et séparées les unes des autres.

Il n'y a qu'une rangée de cellules palissadiques, ces cellules sont allongées, étroites et le tissu lacuneux est constitué par des cellules irrégulières, il n'y a pas d'hypoderme.

Les cellules de la face inférieure ne portent pas de proéminences papilliformes.

Remarque. — Le genre *Picrodendron* a été créé par Planchon, pour une plante qui, jusque-là, était considérée comme une espèce du genre *Rhus*. L'unique espèce de ce genre est aujourd'hui considérée comme une Simarubacée douteuse. Il nous paraît que plusieurs caractères anatomiques la rapprochent des Irvingiées. La présence des grandes cellules mucilagineuses dans la tige, le tissu protecteur qui entoure les nervures des feuilles, le bois hétérogène, sont des caractères qui nous semblent plaider en faveur de cette opinion.

CONCLUSIONS

Les recherches faites sur les Simarubacées, poursuivies sur 109 espèces réparties en 28 genres (1), nous permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° La morphologie interne ne permet pas plus que la morphologie externe de trouver un caractère constant susceptible de caractériser les plantes de cette famille ;

2° Il est cependant possible, en se basant sur un ensemble de caractères, de diviser les Simarubacées en deux sous-familles : les Simarubées et les Irvingiées ;

3° Le genre *Picrodendron*, dont la place est considérée comme douteuse parmi les Simarubacées, semble devoir prendre place dans la sous-famille des Irvingiées ;

4° Le genre *Picrocardia* ne peut se différencier des *Soulamea* ;

5° Le genre *Suriana*, par ses caractères anatomiques, justifie l'opinion des auteurs qui excluent cette plante des Simarubacées. Les *Suriana* forment la famille des Surianacées, présentant des affinités avec les Simarubacées et avec les Géraniacées.

6° Le genre *Holacantha*, doit être exclu des Simarubacées. Il constitue à lui seul, la famille des Holacanthacées.

(1) La famille compte 138 espèces réparties en 28 genres.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 201
Historique 203

PARTIE GÉNÉRALE

Morphologie externe 208
Morphologie interne 212
Tige 213
Pétiole 218
Feuille 219
Conclusion 221
Place du *Suriana* 224
Place du *Holacantha* 226

PARTIE SPÉCIALE

Division de la famille 229
Surianées 230
Mammées 235
Simaroubées 237
Eurycominées 256
Harrisominées 258
Castélinées 261
Picrasminées 267
Picrolemminées 273
Ailanthinées 275
Soulamées 277
Kirkiées 287
Irvingiées 289
Picramniées 294
Alvaradées 298
Conclusions 303

TABLE ALPHABÉTIQUE
DES GENRES ÉTUDIÉS

Ailanthus 275
Alvaradoa 298
Amaroria 285
Brucea 267
Cadellia 232
Castela 261
Eurycoma 256
Hannoa 254
Harrisonia 258
Holacantha 226, 265
Hyptiandra 241
Irvingia 292
Kirkia 287
Klainedoxa 289
Mannia 235
Odyendea 249
Picramnia 294
Picrasma 269
Picrella 271
Picrocardia 278, 283
Picrodendron 300
Picrolemma 273
Quassia 251
Simaderia 237
Simaba 245
Simaruba 243
Soulamea 280
Suriana 224, 230

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA FÉCONDATION

CHEZ

LE GINKGO BILOBA

Par M. S. IKENO.

A ma connaissance, c'est à M. le professeur E. Strasburger qu'est dû l'honneur d'avoir attiré le premier l'attention sur les phénomènes intimes accompagnant la fécondation du *Ginkgo biloba*. Il a suivi chez ce dernier, le développement du sac embryonnaire et de l'embryon, ainsi que la formation de l'endosperme (**13**) (1); plus tard, à la suite de son étude sur la fécondation dans le *Juniperus virginiana*, il a conclu par analogie à l'existence d'une cellule de canal chez le *Ginkgo* et, en outre, a ajouté quelques renseignements à la connaissance du développement de l'embryon (**14**); il n'a fait pourtant aucune observation sur le phénomène de la fécondation lui-même. Du reste, son dernier travail sur le *Ginkgo* (**17**) concerne presque exclusivement la conduite du pollen.

En 1895, M. Hirasé a publié la première partie de ses recherches bien connues sur le *Ginkgo biloba*, qui contiennent des renseignements précieux sur le développement de l'oosphère et de l'embryon et sur la formation de la cellule de canal (**7**); mais, en ce qui concerne les phénomènes de la fécondation, ses observations me paraissent se réduire à peu de chose, car voici ce qu'il en dit (7, p. 5

(1) Les numéros placés entre les parenthèses se rapportent à l'index bibliographique, à la fin de ce mémoire.

de l'extrait) : « J'ai obtenu quelques préparations où se rencontre dans le cytoplasme, à l'extrémité supérieure de l'oosphère, une masse confuse de substance indistincte. Il est très vraisemblable que cela représente le stade de la pénétration du noyau spermatique dans l'oosphère..., mais malheureusement la fixation de mes matériaux dans ce cas était tellement insuffisante, que je n'avais pas pu trouver le noyau spermatique dans la masse confuse indiquée ci-dessus ». D'ailleurs, il est bien connu que la deuxième partie de ses recherches (8) est consacrée à l'étude du développement du tube pollinique et des anthérozoïdes et ne renferme aucun renseignement sur la fécondation.

Dans l'état de nos connaissances actuelles sur les phénomènes de la fécondation du *Ginkgo biloba* énoncés ci-dessus, j'ai pensé qu'il serait très désirable d'en poursuivre une étude détaillée, puisque notre plante est une des trois spermaphytes zoïdiogames connues jusqu'à ce jour et d'autant plus qu'elle est devenue, depuis la découverte remarquable des éléments mâles ciliés, le représentant unique d'une famille nouvelle, les Ginkgoacées. Comme, vers l'automne de 1897 et 1898, j'ai récolté une quantité assez grande des ovules de cette plante, j'en ai fait une étude quelque peu détaillée, et, bien que mes recherches ne soient pas encore sans quelques lacunes, je me permets d'en exposer ici les résultats.

Dans mes présentes recherches, je ne me suis servi d'aucune méthode spécialement nouvelle. Pour la fixation, j'ai employé de préférence le liquide de Flemming. D'abord la méthode de coloration double au bleu de méthylène et fuchsine acide était en usage, mais elle a été remplacée plus tard par celle de coloration triple au violet de gentiane, safranine et orange, qui m'a donné des résultats bien meilleurs. Les matériaux ont été coupés à 5—10 μ d'épaisseur par le microtome et le noircissement produit par de l'acide osmique a été enlevé par l'intermédiaire de l'eau oxygénée.

Mes études datent de la période de la formation de la cellule de canal. M. Hirasé a étudié ce phénomène et en a donné une figure précise du stade du dispirème (7, pl. XXXI, fig. 7 *a* et *b*). Au moment de la formation de la cellule de canal, son noyau est tout à fait semblable à celui de l'oosphère : tous les deux sont ronds et renferment des chromosomes, qui sont constitués au stade représenté dans la figure 1 (Pl. II), par des granulations chromatiques disposées en files. Dans cette figure, les deux noyaux sont presque égaux en taille. Tandis que la cellule de canal avec son noyau ne tarde pas à se désorganiser, le noyau de l'oosphère commence à descendre vers le centre et à grossir graduellement et alors on observe souvent autour de lui une striation radiaire assez nette. A ce moment commence le phénomène de la « maturation » du noyau de l'oosphère (1) : il se remplit d'une substance finement granuleuse, que M. Blackman (21 p. 403) a désignée, d'après M. Strasburger (16, p. 51), sous le nom de métaplasme. En examinant à un grossissement suffisant les préparations colorées au bleu de méthylène et fuchsine acide, on peut, sans grand'peine, distinguer dans le substratum métaplasmique coloré en rouge, qui forme maintenant la masse fondamentale du contenu nucléaire : 1° une petite quantité de la substance du noyau proprement dite, la chromatine, qui forme une masse granuleuse irrégulière et se colore en rouge; 2° quelques nucléoles, qui se colorent en bleu intense (pl. II, fig. 2 *a* et *b*). Le noyau de l'oosphère, qui a cessé de cheminer, demeure d'ordinaire plus près du col que du centre de l'oosphère et acquiert alors une grande taille (Pl. II, fig. 3 *a* et *b*); il est sphérique ou bien un peu plus long que large. Il subit en même temps une modification assez forte dans sa structure : le métaplasme et la chromatine ne peuvent plus être distingués l'un de l'autre et la cavité nucléaire renferme

(1) Le mot « maturation » a été mis en usage pour la première fois par M. Blackmann (2), qui l'a employé en décrivant le noyau de l'oosphère du *Pinus sylvestris*.

alors, outre quelques nucléoles assez gros, une charpente nucléaire, constituée par un nombre des granulations disposées en files plus ou moins nettes, qui, sans doute, prennent naissance aux dépens du métaplasme et de la chromatine intimement mélangés. Le noyau de l'oosphère a ainsi atteint sa maturité et est alors prêt à s'accoupler avec le noyau spermatique.

Le développement du noyau de l'oosphère décrit ci-dessus concorde parfaitement avec ce qu'on observe chez le *Cycas revoluta* (9) et le *Pinus sylvestris* (2). D'après les recherches de M. Chamberlain, il semble que le développement du noyau de l'oosphère du *Pinus Laricio* est d'ailleurs en accord avec ce qui se passe dans le *Ginkgo* (3) : le noyau de l'oosphère parfaitement mûr du *Pinus Laricio* renferme, outre de la linine, une multitude de grosses granulations, dont l'identité avec celles du noyau de l'oosphère du *Ginkgo* est très vraisemblable (3, voyez la figure 14, Pl. V de M. Chamberlain). D'après M. Chamberlain, ces granulations ne sont que des nucléoles composés de chromatine, comparable aux nucléoles du *Spirogyra*, *Corallina*, etc.

J'ai obtenu une préparation dessinée dans la figure 3 (Pl. II), où se rencontrent deux noyaux dans une oosphère, dont l'inférieur est évidemment le noyau femelle. Quant au noyau supérieur, on pourrait être porté à le considérer comme le noyau mâle en voie d'acheminement vers celui de l'oosphère ; mais si on le compare au noyau mâle en copulation avec celui de l'oosphère (comparez fig. 6 de la Pl. III), il est trop volumineux pour pouvoir être considéré comme tel, car tandis que, dans ce dernier cas, il est de dimension moindre qu'un dixième du noyau femelle, dans le cas en question, il devient presque égal à sa moitié. Or, touchant la nature de ce noyau, il est plus vraisemblable de penser qu'il n'est autre que celui de la cellule de canal, qui a subi un grossissement notable anormal. Il a été signalé ci-dessus que le noyau de la cellule de canal se désorganise bientôt après sa formation, mais on pourra admettre avec une

grande vraisemblance que parfois ce noyau grossisse jusqu'à une certaine taille notable ; cela ne serait pas étonnant, car, en effet, la cellule de canal est aujourd'hui reconnue comme l'analogue d'une oosphère qui, en cas normal, est destinée à avorter. M. Chamberlain a pu observer le même phénomène dans le *Pinus Laricio* avec une netteté beaucoup plus remarquable que dans le cas du *Ginkgo* indiqué ci-dessus (3), p. 272 ; (voyez Pl. IV, fig. 7 et 9 de M. Chamberlain).

Examinons maintenant le phénomène de la fécondation. Aussi bien chez le *Ginkgo biloba* (8), que chez le *Cycas revoluta* (9), il a été constaté qu'à l'approche de la fécondation, les deux anthérozoïdes, la cellule prothallienne antérieure, et les deux noyaux végétatifs (c'est-à-dire le noyau de la cellule embryonnaire et celui de la « *Stielzelle* »), se rassemblent à l'extrémité du tube pollinique, qui est dirigée vers l'oosphère. D'autre part, on a signalé chez le *Pinus sylvestris* (2), le *Larix dahurica* (19) (1) et le *Cephalotaxus Fortunei* (1), qu'au moment de la fécondation, les deux cellules génératrices aussi bien que les deux noyaux végétatifs, pénètrent toutes au sein de l'oosphère et que le noyau spermatique qui n'intervient pas dans la fécondation, y demeure pendant un certain temps, même après ce phénomène. Il n'en est pourtant pas de même chez le *Ginkgo*. Je n'ai jamais aperçu dans l'oosphère, ni la cellule prothallienne, ni les noyaux végétatifs ; il ne m'est pas non plus arrivé de rencontrer à la fois deux anthérozoïdes ou bien deux noyaux mâles dans une même oosphère. Ces résultats négatifs concordent bien avec ce qui se passe chez le *Cycas revoluta*, où la cellule prothallienne et les deux noyaux végétatifs, se désorganisent peu à peu en dedans du tube

(1) Grâce à l'obligeance de l'auteur, j'ai reçu le mémoire de M. C. Wniczicki sur la fécondation du *Larix dahurica* ; comme le texte est écrit entièrement en langue russe, je n'en ai pu employer que les planches, mais j'en ai pu apprendre les points essentiels au moyen de l'analyse de ce mémoire par M. Rothert (*Bot. Zeit.*, 58e année, 2e divis., n° 3, p. 39).

pollinique (9, p. 574) et où d'ailleurs l'un des deux anthérozoïdes seul peut pénétrer au sein de l'oosphère (9, p. 584). D'un autre côté, j'ai constaté, à propos du *Cycas revoluta*, que les deux anthérozoïdes d'un tube pollinique peuvent arriver, il est vrai, jusqu'à l'oosphère, mais l'un d'eux seul peut pénétrer au sein de cette dernière et l'autre finit par se désorganiser peu à peu sur sa face externe, de sorte qu'il n'est pas rare d'y rencontrer des restes de cet anthérozoïde (9, p. 584). Cependant, chez le *Ginkgo*, malgré tous mes efforts, il ne m'a jamais été possible de les trouver, d'où l'on pourrait peut-être être amené à croire que les deux anthérozoïdes d'un tube pollinique ne cheminaient pas vers une et même oosphère, mais qu'ils pénétraient l'un après l'autre au sein des deux oosphères voisines. Il est néanmoins facile à voir que cela n'est pas possible, puisque chez le *Ginkgo* les deux oosphères voisines sont complètement séparées d'ordinaire, par un mamelon nucellaire (1); de telle sorte que l'on est disposé à croire qu'il en est de même que chez les Cycadacées, c'est-à-dire que l'un seul des deux anthérozoïdes pénètre au sein de l'oosphère et va se joindre au noyau femelle, tandis que l'autre se désorganise très rapidement sur sa face externe (9, 18).

La raison d'être des deux noyaux générateurs dans un tube pollinique est demeurée pendant longtemps tout à fait obscure. A propos des Angiospermes, cependant, les belles découvertes récentes de M. Navachine (11) et de M. Guignard (5) l'ont élucidée d'une manière parfaitement claire. Quant aux Cycadacées, Conifères et Ginkgoacées, un seul noyau participe à la fécondation, tandis que l'autre se désorganise et se résorbe ; aussi, dans ce cas, la raison d'être des deux noyaux mâles ou anthérozoïdes dans un tube pollinique n'en reste-t-elle pas moins encore obscure et c'est dans l'avenir que la question sera mise en pleine lumière.

(1) Voyez, par exemple, la figure 52, planche XIII, de M. Strasburger (13), et la figure 36, planche IX, de M. Hirasé (8).

Où l'anthérozoïde se débarrasse-t-il de sa couverture cytoplasmique, en dedans ou en dehors de l'oosphère ? C'est une question intéressante, qui, d'après mes observations, peut être résolue en faveur de l'hypothèse première. En effet, j'ai obtenu une préparation, dans laquelle on aperçoit la couverture cytoplasmique, déjà privée du noyau, demeurant à la partie supérieure de l'oosphère (Pl. II, fig. 5). Il y a donc tout lieu de croire que, après sa pénétration dans l'oosphère, le noyau se débarrasse de sa couverture, afin dès lors de cheminer seul vers le noyau femelle, ce qui concorde avec ce que l'on a observé dans les Cycadacées (9, p. 584; 18, p. 227).

Le passage du noyau mâle vers celui de l'oosphère doit évidemment avoir lieu très rapidement, car, bien que j'aie examiné un nombre vraiment considérable de coupes d'ovules, il ne m'était jamais arrivé d'apercevoir le noyau mâle pendant son trajet vers le noyau femelle.

Il a été signalé chez le *Cycas* (9, p. 585), qu'au moment de la fécondation, avant que le noyau spermatique ne vienne encore au contact de celui de l'oosphère, ce dernier noyau produit au sommet une dépression en forme de cratère, que j'ai désignée sous le nom de la « *cavité d'imprégnation* ». Chez le *Ginkgo*, autant que je puisse juger par les préparations obtenues jusqu'à ce jour, cette dépression ne semble pas se former : il n'y a donc chez le noyau de l'oosphère aucune place spécialement préférée, où va s'accoler le noyau spermatique : partout où ce dernier viendra au contact du noyau femelle, aura lieu la copulation. Le noyau mâle se trouve par conséquent tantôt au-dessus du noyau femelle (Pl. III, fig. 6), tantôt sur le côté (Pl. III, fig. 7 et 8).

Ce qui est le plus remarquable au moment du contact des deux noyaux, c'est qu'il y a entre eux une différence de taille si notable qu'elle ne se retrouve nulle part ailleurs parmi les Gymnospermes. Par exemple, dans le *Juniperus virginiana* (15, Pl. XVI, fig. 8) et le *Picea vulgaris* (14, Pl. II,

fig. 71), à en juger par les figures, le noyau mâle est de volume presque égal à la moitié de celui du noyau femelle ; dans le *Pinus Laricio* (4, Pl. VI, fig. 2), le mâle est seulement un peu plus petit que le femelle ; chez le *Pinus sylvestris* (2, p. 407), la proportion de taille de ce dernier à celle de l'autre est comme 2 à 1 ou au plus 3 à 1 ; chez le *Cycas revoluta* (9, Pl. IX, fig. 38), le mâle est un peu plus volumineux que la moitié du femelle : chez le *Taxus baccata* (10, Pl. XVII, fig. 37), ils sont de même taille ; chez le *Cephalotaxus Fortunei* (1, Pl. II, fig. 22), cette proportion est à peu près comme 4 à 1. Chez le *Ginkgo* cependant, le noyau mâle est plus petit même qu'un dixième du noyau femelle (Pl. III, fig. 6), différence de grandeur si notable qu'il n'y aura guère de cas analogues parmi les Gymnospermes étudiées jusqu'à ce jour.

La charpente nucléaire du noyau femelle est constituée, comme jadis, par un nombre de granulations disposées en traînées plus ou moins nettes et pourvues souvent d'un grand nombre de corps ressemblant aux nucléoles, qui sont d'ordinaire petits, mais parfois d'une grandeur considérable (Pl. III, fig. 8, *n*). La charpente nucléaire du noyau mâle est constituée d'ordinaire de même que celle du noyau de l'oosphère, mais rarement il se remplit de substances finement granuleuses et d'un nombre de grosses granulations (Pl. III, fig. 8, *m*).

Le mode de copulation des noyaux sexuels est différent de ce qui se passe chez les Angiospermes. Aussitôt qu'ils arrivent au contact l'un de l'autre (Pl. III, fig. 6), le noyau spermatique commence à refouler la membrane du noyau femelle ; au fur et à mesure que, sous l'influence de cette poussée, la partie de cette membrane au contact avec le noyau mâle se déprime de plus en plus, ce dernier ne tarde pas à s'enfoncer de plus en plus profondément dans le noyau femelle (Pl. III, fig. 7, 8, 9) et finit par se plonger à l'intérieur du noyau de l'oosphère et par s'y dissoudre (Pl. III, fig. 10 *a* et *b*, *m*), de sorte que finalement les subs-

tances des deux noyaux sexuels se mélangent intimement.

Par ce que j'ai décrit ci-dessus, on verra que le processus de la copulation des noyaux sexuels chez le *Ginkgo biloba* concorde bien avec celui du *Cycas revoluta*. Quand j'ai publié, il y a déjà trois ans, mes observations sur cette plante, on n'avait jamais signalé de cas analogue de fécondation, d'où j'ai tiré la conclusion que le phénomène de la fécondation chez le *Cycas* représente un type nouveau, inconnu jusque-là (9, p. 587). Depuis cette époque, cependant, on a commencé à poursuivre l'étude de la fécondation de diverses Gymnospermes. Presque en même temps que le mien, M. Blackman a publié un excellent mémoire sur le *Pinus sylvestris* (**2**) ; puis il a étudié successivement le phénomène de la fécondation chez le *Taxus baccata* (**10**), le *Larix dahurica* (**19**) (1) et le *Cephalotaxus Fortunéi* (**1**) et y a trouvé toujours que la fécondation se fait bien suivant le mode que j'ai découvert chez le *Cycas revoluta* (2). On peut donc avec une grande probabilité poser comme une loi générale que chez les Gymnospermes (sauf les Gnétacées),

(1) D'après M. Rothert, qui a analysé le mémoire de M. Wniczicki sur la fécondation du *Larix dahurica*, le travail a été fini déjà au commencement de 1897 ; mais la publication en a été ajournée jusqu'en 1899.

(2) Voici par exemple ce que M. Blackman a décrit, touchant le processus de la copulation des noyaux sexuels chez le *Pinus sylvestris* (2, p. 407) : « The actual process of conjugation is quite peculiar, the male nucleus actually pushing in the wall of the female, and coming to lie within the line of the original boundary of the latter, while the walls of both are still intact... The male nucleus continues to penetrate the body of the female till it is almost completely enclosed by the latter... » Ce qui est en parfait accord avec ce qui se passe chez le *Cycas*. — La figure 39, planche XVII, dans le mémoire de M. Jaeger, représente le noyau spermatique enfermé dans celui de l'oosphère. La figure 6 (planche I), de M. Wniczicki, et la figure 24 *c* (planche II), de M. Arnoldi, semblent correspondre respectivement à ma figure 10, de la planche III. — Sans avoir eu connaissance du travail de M. Blackman (2), lu à la séance du 26 mai 1898 à la Société royale de Londres et publié plus tard, vers novembre de la même année, j'ai récolté moi-même, vers juin 1898, un grand nombre des ovules du *Pinus densiflora*, qui est originaire de ce pays et se rencontre ici très communément et j'en ai étudié la fécondation. Qu'il suffise de dire simplement que tout ce que M. Blackman a décrit sur la fécondation du *Pinus sylvestris* s'applique à mon cas, puisque le phénomène de la fécondation concorde complètement dans les deux cas.

la fécondation se fait conformément au mode décrit chez le *Cycas revoluta*. Il est d'ailleurs hors de doute que, si l'on étudie la fécondation du *Juniperus* et du *Picea* en se servant des méthodes d'investigation modernes, il n'en sera pas moins tout à fait de même.

Le noyau mixte, qui dérive de la fusion des deux noyaux sexuels, devient plus volumineux que chacun d'eux et se met à produire une multitude des fils kinoplasmiques, qui sont manifestement l'ébauche des fibres du fuseau lors de la première division après la fécondation (Pl. III, fig. 11). Les figures 12 *a* et *b* représentent un des stades de cette karyokinèse; le contour ancien du noyau est encore presque conservé et on y voit un grand nombre de fines fibrilles très entremêlées, au sein desquelles un fuseau karyokinétique multipolaire prend naissance. Comme il a été déjà montré par M. Hirasé (7, Pl. XXXII, fig. 9), le fuseau n'est jamais situé parallèlement à l'axe longitudinal de l'oosphère; dans le cas particulier dessiné dans la figure 12, il est disposé horizontalement.

Plusieurs botanistes européens étaient d'avis que, chez le *Ginkgo biloba*, la fécondation ne peut avoir lieu que quand les ovules sont déjà tombés des arbres. M. Hirasé a démontré le contraire et a mis hors de doute que la fécondation peut avoir lieu chez les ovules encore attachés aux arbres (6). Dans un excellent mémoire récemment paru, M. Seward et Mlle Gowan ont adopté les résultats d'investigation de M. Hirasé et ont écrit dans une diagnose provisoire du *Ginkgo* : « fertilization, which may occur either before or after the ovule has fallen from the tree.... » (12, p. 115). Certes, la fécondation des ovules déjà tombés des arbres ne sera pas impossible; seulement, autant que je connaisse, ce fait n'a jamais encore été établi formellement.

Tout ce qui a été énoncé jusqu'ici peut-être résumé dans les termes suivants :

1° Après la formation de la cellule de canal, le noyau de l'oosphère se remplit de métaplasme ; puis il chemine vers le centre de l'oosphère. En même temps, il grossit progressivement et subit une modification de structure. Lorsqu'il vient au repos, la charpente nucléaire se montre constituée de granulations disposées en traînées plus ou moins nettes.

2° Il est vraisemblable que l'un seul des deux anthérozoïdes d'un tube pollinique peut pénétrer au sein de l'oosphère et que l'autre se désorganise sans avoir pu y entrer.

3° L'anthérozoïde se débarrasse de sa couverture cytoplasmique au sein de l'oosphère.

4° La copulation des deux noyaux sexuels a lieu suivant le mode du *Cycas revoluta* ; c'est-à-dire le noyau mâle pénètre graduellement dans celui de l'oosphère, de sorte que finalement celui-là vient à se plonger à l'intérieur de ce dernier et à s'y dissoudre.

5° Dans toutes les Gymnospermes (sauf les Gnétacées), étudiées jusqu'à ce jour, la copulation s'effectue conformément au mode indiqué ci-dessus ; il est très vraisemblable que cela constitue le processus général de la fécondation des Gymnospermes (sauf les Gnétacées).

6° Bien que la fécondation des ovules tombés des arbres ne soit pas impossible, le fait n'a encore jamais été établi définitivement.

Remarque sur la formation de la cellule de canal chez le Cycas revoluta. — A cette occasion, il faut exposer ici ma manière de voir touchant la formation de la cellule de canal chez le *Cycas revoluta*. M. Arnoldi, en étudiant ce phénomène dans le *Cephatolaxus Fortunei*, a observé cette particularité que, après la formation du noyau de la cellule de canal et de celui de l'oosphère, aucune cloison ne se forme entre ces deux noyaux et que celui-là, avec une partie du cytoplasme ambiant, se gélifie et se désorganise (1, p. 51), ce qui concorde bien avec ce qui s'observe chez le *Cycas*

revoluta (9, p. 568), comme le botaniste russe l'a signalé avec raison. Cette observation l'a amené pourtant à émettre l'idée que ce processus ne représente guère la formation de la cellule de canal, puisqu'aucune cloison ne se présente entre les deux noyaux. Or, à mon avis, on n'a aucune raison de conclure, par cette absence de cloison entre les deux noyaux, que la formation de la cellule de canal n'a pas lieu. Pourquoi le noyau supérieur avec du cytoplasme ambiant, qui se désorganise bientôt après, ne représenterait-t-il pas une cellule de canal? Je suis disposé, plutôt, à croire que, aussi bien chez le *Cycas revoluta* que chez le *Cephalotaxus Fortunei*, il y a formation de la cellule de canal, du moins suivant un mode particulier, concordant bien sur tous les points essentiels avec ce qui se passe chez les autres Conifères et le *Ginkgo;* il en diffère simplement en ce qu'il ne se forme aucune cloison entre les deux noyaux.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

(1) W. Arnoldi, *Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen.* III. *Embryogenie von* Cephalotaxus Fortunei. Flora, 87, 1900.

(2) V.-H. Blackman, *On the cytological features of fertilization and related phenomena in* Pinus sylvestris L. Philos. Trans. Ser. B, 190, 1898.

(3) C.-J. Chamberlain, *Oogenesis in* Pinus Laricio. Bot. Gaz., 27, 1899.

(4) J.-M. Coulter, *Notes on the Fertilization and Embryogeny of Conifers.* Bot. Gaz., 23, 1897.

(5) L. Guignard, *Sur les anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes*, C. R. Acad. des Sc., 128, 1899,

(6) S. Hirasé, *A propos de la période de la fécondation du* Ginkgo biloba (en japonais). Bot. Magaz., Tokio, 8, 1894.

(7) Ibid., *Étude sur la fécondation et l'embryogénie du* Ginkgo biloba. Journ. of the College of sciences, Imp. Univ., Tokio (Japon), 8, 1895.

(8) Ibid., *Second mémoire. Ibid.*, 12, 1878.

(9) S. Ikeno, *Untersuchungen über die Entwickelung der Geschlechtsorgane und den Vorgang der Befruchtung bei* Cycas revoluta. Jahrb. f. Wiss. Bot., 32, 1898.

(10) L. Jaeger, *Beiträge zur Kenntniss der Endospermbildung und zur Embryologie von* Taxus baccata L. Flora, 86, 1899.

(11) S. Navachine, *Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei* Lilium Martagon *und* Fritillaria tenella. Bull. de l'Acad. imp. des sciences de Saint-Pétersbourg, 9, 1898.

(12) A.-C. Seward and Miss Gowan, *The Maidenhair-Tree* (*Ginkgo biloba*). Ann. of Bot., 14, 1900.

(13) E. Strasburger, *Die Coniferen und die Gnetaceen*, 1872.

(14) Ibid., *Ueber Befruchtung und Zelltheilung*, 1878.

(15) Ibid., *Die Angiospermen und die Gymnospermen*, 1879.

(16) Ibid., *Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen*, 1884.

(17) Ibid., *Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen.* Hist. Beitr., 4, 1892.

(18) H.-J. Webber, *Notes on the Fecundation of* Zamia *and the Pollen Tube Apparatus of* Ginkgo biloba. Bot. Gaz., 24, 1897.

(19) C. Wniczicki, *A propos de la fécondation chez les Conifères* (en russe). Analysé dans la Bot. Zeitung, 58, 1900, 2e divis., par M. Rothert.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE II.

Fig. 1 à 5.

Fig. 1. — Partie supérieure d'une oosphère au moment de la formation de la cellule de canal; les deux noyaux sont presque égaux en dimension (gr. = 600).

Fig. 2. — *a*. Une oosphère bientôt après la formation de la cellule de canal. Le noyau se remplit du métaplasme et renferme quelques nucléoles (gr. = 90).

b. Le noyau avec du cytoplasme ambiant d'une même oosphère à un grossissement plus fort. On y voit dans le substratum métaplasmique de la chromatine granuleuse (gr. = 600).

Fig. 3. — Une oosphère avec ses deux noyaux. Le noyau supérieur est celui de l'oosphère; l'autre est vraisemblablement celui de la cellule de canal, qui a subi un grossissement anormal (gr. = 140).

Fig. 4. — *a*. Une oosphère dont le noyau a déjà achevé le processus de la maturation; la charpente nucléaire est constituée par des granulations disposées en files plus ou moins nettes (gr. = 90).

b. Le noyau indiqué ci-dessous avec du cytoplasme ambiant, à un grossissement plus fort (gr. = 210).

Fig. 5. — Partie supérieure d'une oosphère où demeure la couverture cytoplasmique d'un anthérozoïde privé du noyau (gr. = 270).

PLANCHE III.

Fig. 6 à 12.

Fig. 6. — Copulation des deux noyaux sexuels. Le mâle se trouve au-dessus du noyau femelle (gr. = 140).

Fig. 7. — Le même. Le mâle sur le côté du noyau femelle (gr. = 140).

Fig. 8. — Un cas de la copulation des deux noyaux sexuels. Dans le noyau femelle on voit un corps *n*, ressemblant au nucléole et quelques autres corps similaires beaucoup plus petits; *m*, noyau mâle (gr. = 210).

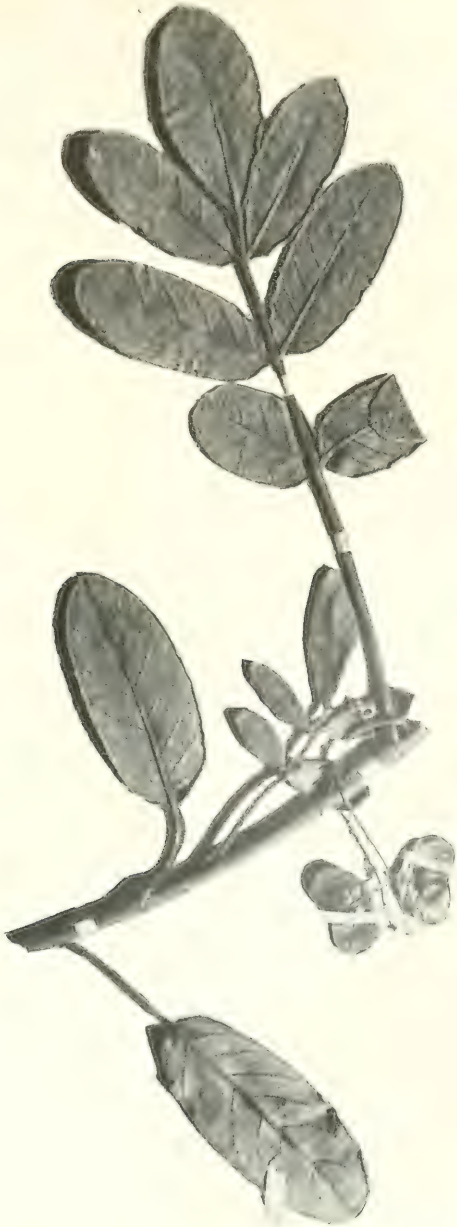
Fig. 9. — Copulation des noyaux sexuels à un stade plus avancé que dans la fig. 6; le noyau mâle a pénétré à l'intérieur du noyau femelle (gr. = 210).

Fig. 10. — *a*. et *b*. Deux coupes microtomiques consécutives d'un noyau de l'oosphère, au sein duquel le noyau spermatique (*m*) commence à se dissoudre. *c*, représente la membrane de ce dernier en dissolution (gr. = 210).

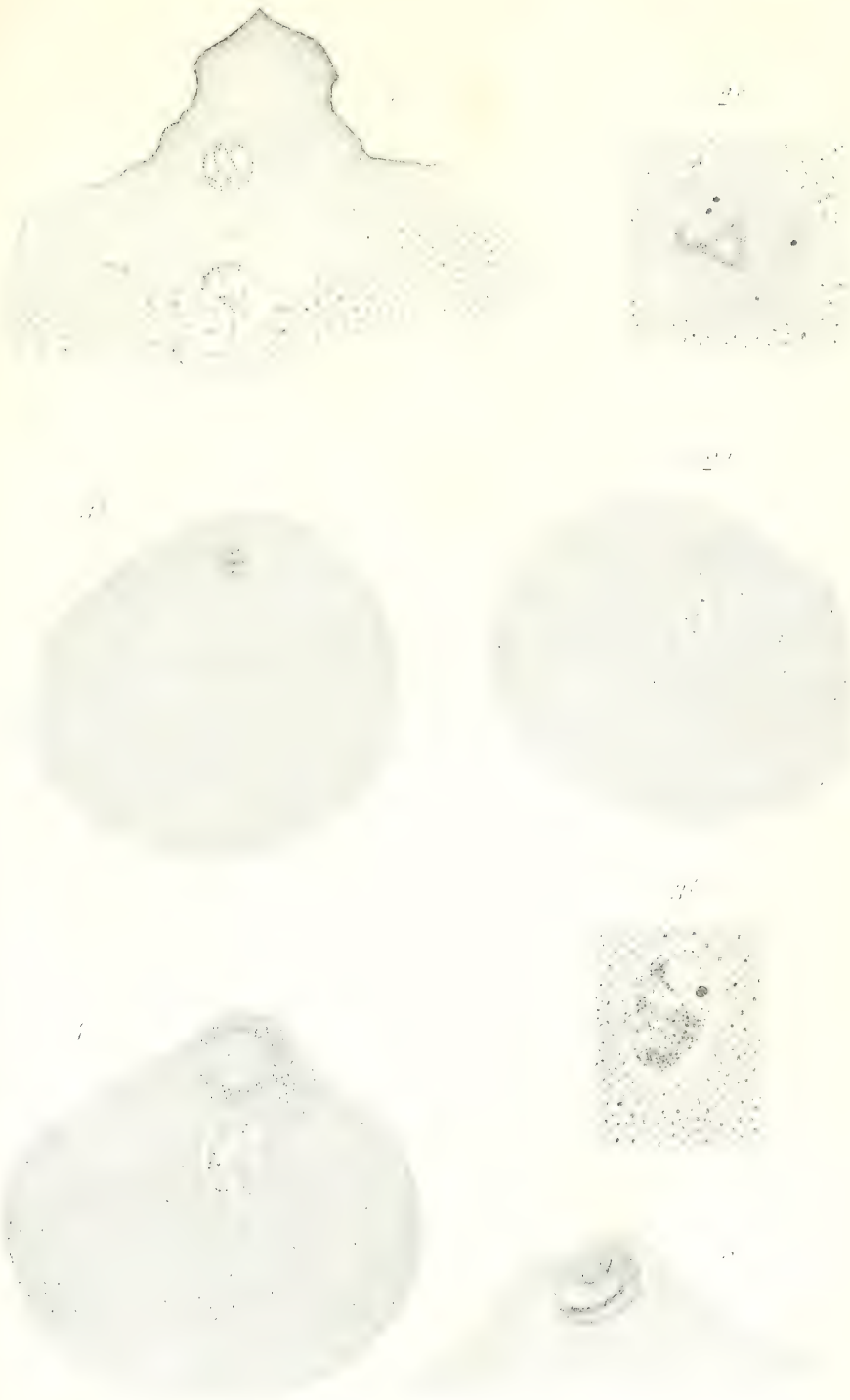
Fig. 11. — Noyau mixte, à l'intérieur duquel on voit une multitude de fils kinoplasmiques (gr. = 210).

Fig. 12. — *a*. Une oosphère après la fécondation avec le fuseau kayokinétique de la première division situé horizontalement (gr. = 140).

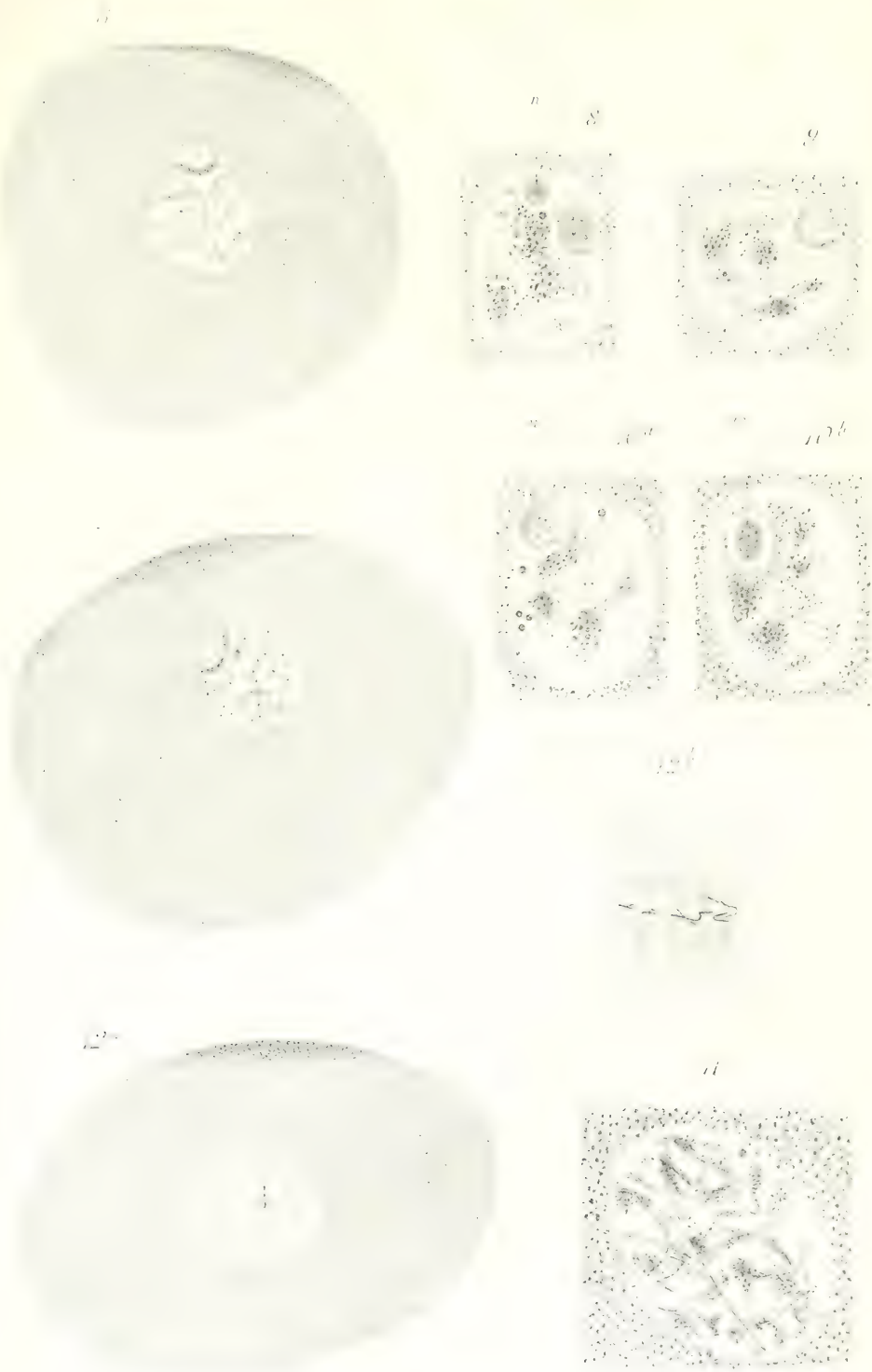
b. Représente le noyau et ses environs à un plus fort grossissement (gr. = 600).



SOULAMEA, *branche portant des feuilles simples et des feuilles composées. Échantillon du Muséum de Paris.* — Etiqueté : *Mus. Neocal. nº 196. Pancher.*



B. Leon. Imp. Lemercier Paris


8
9
10b
11

SUR L'ÉVOLUTION

DE

LA CHLOROPHYLLE ET DE L'AMIDON

DANS LA TIGE

DE QUELQUES VÉGÉTAUX LIGNEUX

Par J. d'ARBAUMONT.

AVANT-PROPOS

Reprendre l'étude des phénomènes amylo-chlorophylliens en les considérant exclusivement, — ce qui, à ma connaissance, n'a pas été fait jusqu'ici, — dans la tige des végétaux ligneux, suivant l'ordre chronologique où ils viennent à s'y produire, depuis l'apparition de l'amidon et de la chlorophylle dans les entre-nœuds supérieurs en croissance, jusqu'au temps de la régénération printanière de ces deux substances, c'est-à-dire jusqu'à l'expiration du premier cycle annuel de leur évolution, tel a été, dans mon esprit, tout le dessein du présent mémoire.

A cet effet, j'ai dû m'appliquer tout d'abord à relever, parmi les nombreuses observations d'ensemble ou de détail dont ces mêmes phénomènes ont été l'objet dans ces dernières années, tout ce qui pouvait rentrer dans le cadre ainsi tracé, et à y coordonner ensuite le produit de mes propres recherches.

Bien que commencées dès avant 1880, et plusieurs fois

depuis interrompues et reprises, ce qui aura fait perdre à quelques-unes d'entre elles le mérite de la priorité, ces recherches n'auront point été sans profit, si elles m'ont amené, d'une part, à contrôler utilement certaines observations antérieures ou parallèles, de l'autre, à ajouter quelques traits nouveaux à l'ensemble des connaissances acquises dans cet ordre de faits.

L'ordre chronologique que j'ai adopté implique la division du présent mémoire en quatre parties principales, dans lesquelles nous étudierons successivement :

1° La marche de l'amylo-chlorophyllo-genèse dans le cône végétatif et les premiers entre-nœuds de la tige en croissance ;

2° Les allures propres et les relations réciproques de la chlorophylle et de l'amidon au cours de l'été et en automne, c'est-à-dire dans le temps où la tige cesse de croître en longueur et se fixe pour quelque temps dans un maximum annuel de croissance diamétrale ;

3° L'état des mêmes substances et de leur milieu ambiant pendant la période hivernale ;

4° Enfin, les phénomènes de régénération dont elles sont le siège au retour du printemps.

Suit la liste des espèces et des quelques variétés horticoles ou autres sur lesquelles nos observations ont porté plus particulièrement, et qui se répartissent, comme on le verra, entre trente-deux familles naturelles.

Berberis vulgaris L.....	Épine-Vinette.
Mahonia Aquifolium Nutt...	Mahonia à feuilles de Houx.
Tilia sylvestris Desf. et *platyphyllos* Scop.....	Tilleul.
Citrus Limonium Risso	Citronnier, Limonnier.
Acer Pseudo-Platanus L....	Érable, Faux-Platane, Sycomore.
Æsculus Hippocastanum L...	Marronnier d'Inde.
Vitis vinifera L.....	Vigne.
Ampelopsis hederacea DC...	Vigne-Vierge.
Staphylea pinnata L.....	Staphylier, Nez-coupé.
Evonymus europæus L.....	Fusain commun, Fusain d'Europe.
Evonymus japonicus Thunb.	Fusain du Japon.
Ilex Aquifolium L.....	Houx commun.

Viscum album L.....	Gui.
Rhamnus Alaternus L.....	Alaterne.
Rhus glabra L.....	Sumac glabre, Vinaigrier.
Rhus Cotinus L.....	Fustet, Arbre à Perruque.
Rhus Toxicodendron L.....	Sumac vénéneux.
Spartium junceum L.....	Genêt d'Espagne.
Cytisus Laburnum L.....	Aubour, Faux-Ébénier.
Robinia Pseudo-Acacia L...	Robinier, Acacia.
Colutea arborescens L.....	Baguenaudier.
Cercis Siliquastrum L.....	Gaînier commun, Arbre de Judée.
Persica vulgaris Mill.....	Pêcher ordinaire.
Cerasus Lauro-Cerasus Bosc.	Laurier-Cerise.
Rosa T.....	Rosier. — Plusieurs espèces ou variétés horticoles.
Kerria japonica DC.....	Corète du Japon.
Spiræa opulifolia L.....	Spirée à feuilles d'Obier.
Malus communis Desf	Pommier commun. — Plusieurs variétés horticoles.
Pirus communis L	Poirier commun. — Plusieurs variétés horticoles.
Philadelphus coronarius L..	Seringa odorant et autres espèces à fleurs plus grandes, inodores.
Ribes nigrum L.....	Cassis.
Ribes rubrum L.....	Groseillier à fruits rouges.
Hedera Helix L.....	Lierre grimpant.
Aucuba japonica L.....	Aucuba du Japon.
Lonicera Caprifolium L.....	Chèvrefeuille des jardins.
Sambucus nigra L.....	Sureau commun.
Viburnum Opulus L.....	Obier.
Viburnum Tinus L.....	Laurier-Tin.
Myrsine africana L.....	Myrsine d'Afrique.
Jasminum officinale L.....	Jasmin commun.
Fraxinus excelsior L.....	Frêne commun.
Syringa vulgaris L.....	Lilas commun.
Nerium Oleander L.....	Laurier-Rose.
Elæagnus reflexa DCNE....	Chalef à rameaux réfléchis.
Aristolochia Sipho L'Hér...	Aristoloche-Siphon.
Buxus sempervirens L.....	Buis commun.
Ulmus campestris L.....	Orme champêtre, variétés *corylifolia*, *suberosa*, etc.
Morus Kæmpferi Hort.....	Mûrier de Kaempfer.
Ficus Carica L.....	Figuier commun.
Juglans regia L.....	Noyer commun.
Carpinus Betulus L.....	Charme commun.
Corylus Avellana L.....	Noisetier, Coudrier.
Quercus Ilex L.....	Chêne vert, Yeuse.
Quercus pedunculata Willd.	Chêne commun, à long pédoncule.
Quercus pubescens Willd...	Chêne pubescent.
Ruscus aculeatus L.....	Fragon, Petit-Houx.

Et, de plus, quelques espèces herbacées pour l'étude des premières phases de l'évolution.

PREMIÈRE PARTIE

PÉRIODE DE FORMATION

CHAPITRE PREMIER

GRANULES PROTÉIQUES ET AMIDON

La calotte terminale de tout cône végétatif en voie de croissance est ordinairement occupée par plusieurs assises de cellules dont le contenu, plus ou moins granuleux, se colore assez uniformément en jaune par le réactif iodo-ioduré (1).

C'est très ordinairement à un niveau inférieur que commencent à paraître les premiers granules d'amidon, reconnaissables à la coloration d'un brun plus ou moins foncé que leur communique le même réactif.

D'où proviennent ces granules? Comment se forment-ils? C'est ce que nous examinerons plus tard. Pour le moment, nous nous bornerons à constater qu'ils apparaissent d'ordinaire simultanément ou à peu près : 1° dans la moelle, dont ils envahissent successivement, de bas en haut, les cellules terminales ; 2° à la base des jeunes mamelons foliaires, d'où ils progressent, d'une part, dans le parenchyme de la feuille, de l'autre, dans les régions corticales de l'entre-nœud inférieur, avec pénétration jusqu'à la moelle, par l'intermédiaire des rayons médullaires. Ceux-ci isolent très nettement les uns des autres les faisceaux libéro-ligneux en

(1) Iodure de potassium iodé, avec addition de quelques gouttes de teinture d'iode. — Voy. Olivier, *Les procédés opératoires en histologie végétale*, p. 25, et Gérard, *Traité pratique de micrographie*, p. 37.

formation, où l'amidon ne doit apparaître que beaucoup plus tard.

C'est à la périphérie de la moelle et dans l'assise endodermique que les granules d'amidon se montrent ordinairement tout d'abord en plus grande abondance. A partir de l'endoderme, on les voit se répandre peu à peu en direction centrifuge dans l'écorce primaire, d'autant plus petits et moins nombreux, au début, qu'ils se rapprochent davantage de l'épiderme, parfois très fugaces ou même tout à fait nuls dans cette même région, pendant toute la première période de végétation, comme j'en ai observé des exemples chez le Citronnier, le Laurier-Tin, le Marronnier et le Pêcher.

A l'intérieur même du canal médullaire, l'apparition de l'amidon est, au contraire, à peu près simultanée et sensiblement uniforme. On le voit, par exception, s'accumuler en plus grande quantité, chez la Vigne, dans certaines régions parallèles formant diaphragme au travers du canal, à la hauteur des nœuds.

Il a été dit tout à l'heure que l'amidon caulinaire, dans sa marche progressive ascendante, ne pénètre pas d'ordinaire jusqu'aux assises des cellules terminales du cône dont le contenu, comme on l'a vu également plus haut, se colore, en pareil cas, exclusivement en jaune par le réactif.

Il peut se faire, cependant, que l'amidon vienne à se répandre au-dessus de son niveau habituel, soit qu'il remplisse la calotte terminale tout entière, ou qu'on le trouve strictement cantonné, au-dessus de ce même niveau, dans une région axile, courte et étroite, à partir de laquelle il déborde de chaque côté, et vient s'étaler, en forme de champignon, à l'extrémité même du cône, sur les bords duquel les granules à réaction jaune, se trouvent alors exclusivement localisés.

Cette superproduction de l'amidon figuré à l'extrémité du cône correspond vraisemblablement à un temps d'arrêt, temporaire ou définitif, dans la croissance terminale de la tige.

C'est, en effet, à titre d'exception que j'ai vu, au prin-

temps, l'amidon dépasser ainsi son niveau habituel à des dates assez variées, chez le Sycomore (11 mai 1896), le Laurier-Rose (13 juin 1892, 17 juin 1896), le Marronnier (14 mai 1896), le Pommier (29 mai 1892), l'Épine-Vinette (16 juin 1892), l'Obier le Citronnier, le Fusain d'Europe, le Corète du Japon, etc., etc.

Il semble bien qu'en pareil cas les produits immédiats de l'activité cellulaire, restés provisoirement ou définitivement sans emploi, s'accumulent en plus grande quantité dans les très jeunes tissus, sous forme de matériaux de réserve.

Il peut arriver, au contraire, chez certaines tiges en voie très active d'élongation, que ces mêmes produits soient consommés directement pendant un certain temps, sans passer par la phase normale transitoire de l'amidon figuré. Celui-ci, en pareil cas, n'apparaît que très tardivement, en petite quantité, parfois à peine appréciable, mais rarement tout à fait nul, aussi bien dans la moelle que dans l'écorce primaire des jeunes entre-nœuds en croissance. C'est ce que j'ai pu constater, à diverses reprises, sur des pousses exceptionnellement vigoureuses, chez le Frêne (27 mai 1892), le Laurier-Tin (20 mai 1896), le Pommier (30 mai 1890), le Chèvrefeuille (19 juin 1890, 8 mai 1891, 23 juillet 1896), le Lilas (4 juillet 1885, 30 mai 1898) et la Vigne (11-14 juillet 1896).

Mais ce sont là, je le répète, des faits anormaux correspondant à certaines conditions particulières de végétation.

De toutes les espèces que j'ai été à même d'étudier à ce point de vue, il n'en est qu'une seule où la phase de l'amidon figuré, primordial ou transitoire, m'a toujours paru faire complètement défaut, c'est le Charme.

Je dis primordial ou transitoire parce qu'en effet, chez toutes les espèces où l'amidon s'accumule normalement, en plus ou moins grande quantité, dans les entre-nœuds supérieurs de la jeune tige en voie de croissance, on le voit s'éclaircir peu à peu dans les parties plus âgées, soit simul-

tanément dans l'écorce et la moelle, soit successivement dans l'une ou l'autre de ces deux régions. Après quoi, vient un moment où il disparaît de la tige, complètement chez la plupart des espèces à suber interne, telles que l'Épine-Vinette et le Mahonia (1), à l'exception de l'assise endodermique où il persiste d'ordinaire, plus ou moins abondant, chez les espèces à suber externe (épidermique ou sous-épidermique) : Lilas (25 mars 1893, 18 avril 1892), Sureau (22 mai 1892, 11 juillet 1896), Sycomore (29 mai 1894), Pêcher (6 juillet 1892), Staphylier (11 juillet 1896), Poirier (11-28 juillet 1896), etc., etc.

La jeune tige se constitue ainsi, au début, une première réserve amylacée (2) bientôt épuisée, dont le rôle physiologique n'est pas sans analogie avec celui de l'amidon que M. Belzung qualifie de transitoire, dans les phénomènes généraux de la germination (3).

Il ne nous a pas été possible d'établir un rapport de constante proportionnalité, dans le temps ni dans l'espace, entre les deux phases extrêmes de formation et de régression de l'amidon primordial.

Si le niveau d'apparition reste normalement à peu près le même, à une courte distance du point végétatif, on n'en peut dire autant du niveau de régression qui est, au contraire, très variable.

(1) Chez ces deux espèces l'amidon primordial est assez tardif et peu abondant dans l'écorce primaire, y compris l'assise endodermique qui s'y montre, d'ailleurs, très mal différenciée. Il est à remarquer que le rôle physiologique de cette assise se trouve rempli en partie, chez ces mêmes espèces, pendant toute la première phase de végétation, comme il le sera exclusivement par la suite, après la mortification de l'écorce primaire, par les tissus très développés du péricycle mou qui y regorgent d'amidon à toutes les époques de production amylacée.

(2) Dès 1875, M. E. Mer constatait que, dans les jeunes pousses, on ne rencontre pas d'amidon « à la partie supérieure du rameau, sauf près du point végétatif où il y a toujours accumulation de cette substance ». — E. Mer, *La glycogenèse dans le règne végétal*, 3e partie (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1875, p. 148).

(3) Belzung, *Recherches morphologiques et physiologiques sur l'amidon et les grains de chlorophylle* (Ann. Sc. nat. Bot., 7e série, t. V, p. 184, 186, 193, 234, et t. XIII, p. 13).

Je relève sur ce point, dans mes notes, quelques indications spécifiques dont il y a peut-être lieu de tenir compte.

C'est ainsi qu'à la date du 23 juillet 1896, l'amidon avait complètement disparu de la tige du Chèvrefeuille et du Rosier, dès le premier entre-nœud visible, à l'exception de l'assise endodermique où il ne devait pas, du reste, tarder beaucoup à se résorber aussi, chez cette dernière espèce.

La résorption n'est guère moins prompte, en général, chez le Pêcher, le Poirier et le Figuier, tandis qu'elle ne se produit ordinairement qu'à la hauteur du deuxième entre-nœud chez le Fustet, du quatrième chez l'Arbre de Judée, du cinquième chez le Lilas et l'Acacia, et toujours assez brusquement chez ces diverses espèces.

Ailleurs, le travail de résorption nous a paru se répartir, au contraire, sur un plus grand espace : du premier au troisième entre-nœud visible chez le Houx, du premier au quatrième chez le Staphylier ; ou bien ne commencer à se produire qu'à un niveau sensiblement inférieur : du troisième au quatrième entre-nœud chez le Frêne et le Laurier-Rose, du quatrième au cinquième chez le Sycomore et le Faux-Ébénier, du troisième au sixième chez le Fusain d'Europe.

Le 22 mai 1892, je constatais, dans une branche de Sureau, de forte croissance, que l'amidon primordial avait complètement disparu dès le troisième entre-nœud, tandis qu'en juillet 1891, l'activité végétative se trouvant alors sensiblement ralentie, il persistait encore au cinquième et même au sixième entre-nœud.

En juin 1895, je le voyais passer, chez le Sycomore, par deux phases successives de résorption entre le premier et le cinquième entre-nœud.

De l'ensemble de ces observations paraît résulter pour nous l'impossibilité, en pareille matière, d'arrêter les termes d'une formule générale, le phénomène de régression se trouvant subordonné, non seulement, comme on vient de le voir, à certaines prédispositions spécifiques, mais aussi, pour la tige d'une même espèce, aux conditions extrinsèques

de végétation, très variables, auxquelles elle peut être soumise.

Ce qu'il importe de retenir d'une façon générale, c'est qu'elle doit se produire le plus souvent, comme M. E. Mer le faisait observer dès 1873, au niveau des entre-nœuds de plus forte croissance, la plus grande partie du sucre qui y arrive étant consommée sur place ; d'où résulte, suivant lui, que les grains d'amidon y deviennent très rares et très petits (1).

Après ce coup d'œil jeté sur la marche générale, progressive et régressive de l'amidon, dans le cône terminal et les entre-nœuds supérieurs de la tige des végétaux ligneux, nous avons à faire connaître le résultat de nos observations personnelles sur le mode d'évolution, dans les mêmes régions, des grains d'amidon considérés individuellement, soit en eux-mêmes, soit dans leurs rapports avec la production des corps chlorophylliens. Mais il convient de donner auparavant un résumé sommaire des principaux systèmes qui ont été proposés, dans ces derniers temps, pour l'interprétation des phénomènes généraux de l'amylo-chlorophyllogenèse (2).

Les corpuscules de nature albuminoïde, dont M. Schimper constate la présence habituelle dans tous les points de végétation de la plante, proviendraient, suivant lui, par division indéfinie, de corpuscules identiques préexistant dans la plante mère.

M. Schimper donne à ces corpuscules le nom de *plastides* ; ce sont les *leucites* de M. Van Tieghem.

Quant à l'évolution ultérieure de ces organites, elle peut, toujours d'après M. Schimper, s'opérer de trois façons différentes, selon qu'ils restent incolores (*leucoplastides*), qu'ils

(1) *La glycogenèse*, 2e partie (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1873, p. 201).

(2) Pour l'exposition de ces divers systèmes, voyez E. Belzung, *Sur le développement de l'amidon* (Journ. de Bot., 1891, p. 5 et suiv.). — Pour les temps antérieurs on peut consulter : Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 133 et suiv., et l'*Historique* du mémoire de M. Belzung, au t. V, 7e série des *Annales*, p. 180 et suiv.

se transforment en corpuscules diversement colorés (*chromoplastides*), ou en grains de chlorophylle (*chloroplastides*). Enfin, relativement aux grains d'amidon, M. Schimper estime qu'ils naissent toujours et ne peuvent naître que d'un plastide préexistant, leucoplastide ou chloroplastide, ce qui donne à ces deux sortes d'organites la valeur égale de corps formateurs d'amidon ou *amyloplastes* (1).

M. Eberdt n'admet pas le système de M. Schimper sur la production des plastides ou leucites par division indéfinie d'organites identiques préexistants. D'après lui, l'amidon résulterait d'une modification sur place de certaines granulations protoplasmiques plus ou moins tôt différenciées, et se transformant intégralement en autant de granules amylacés.

Le corpuscule ainsi différencié une fois disparu et remplacé par un grain d'amidon, M. Eberdt a recours, pour expliquer la formation du chloroplastide, à l'intervention du protoplasme ambiant, dont partie se condenserait, en se chargeant de pigment vert, autour du petit noyau amylacé ensuite lentement résorbé par lui (2).

Dans un premier mémoire, inséré, en 1887, au tome V, 7e série des *Annales*, page 179 et suivantes, M. Belzung combat énergiquement, comme devait le faire plus tard M. Eberdt lui-même, mais en se plaçant à un tout autre point de vue, le système de M. Schimper sur l'éternité, ou, en d'autres termes, sur la divisibilité indéfinie des plastides ou leucites, et sur la nécessité absolue de leur intervention dans la formation des grains d'amidon et de chlorophylle.

M. Belzung va chercher le secret de cette formation dans les tissus de la jeune plante aux premiers stades de son évolution. D'après lui, les grains d'amidon apparus plus ou moins tôt dans l'embryon ou dans les plantules en germi-

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1883, R. B., p. 168. — Voy. aussi : Belzung, *op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 187) et Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 105.

(2) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1891, R. B., p. 148. — *Journ. de Bot.*, 1891, p. 5 et suiv.

nation de certaines Papilionacées, principal objet de ses observations, naîtraient directement dans le protoplasme fondamental, sans qu'on y puisse reconnaître la présence antérieure d'aucune sorte de plastides, et conséquemment sans aucun rapport de filiation avec les plastides de la plante mère.

M. Belzung aurait, de plus, constaté la présence, dans ces mêmes embryons ou plantules, de grains de chlorophylle de deux origines différentes.

Les uns se formeraient par différenciation directe du protoplasme pariétal de la cellule, comme M. Godfrin l'avait déjà reconnu, en 1884, dans ses *Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen* (1) ; les autres résulteraient de l'imprégnation par le pigment vert, de certains corpuscules provenant eux-mêmes de la régression de granules d'amidon formés directement dans le protoplasme, comme il vient d'être dit, et pour lesquels, les considérant comme étant de nature ternaire, M. Belzung proposait alors le nom d'*amylites*.

De là, deux sortes de grains de chlorophylle : les *chloroleucites*, dans le premier cas, les *chloroamylites*, dans le second (2).

Dans un second mémoire publié, en 1895, dans le *Journal de Botanique* de M. Morot, M. Belzung a exposé le résultat de nouvelles recherches qui l'ont amené à modifier quelques-unes de ses conclusions précédentes, et à formuler tout un ensemble de considérations théoriques sur la *Marche totale des phénomènes amylochlorophylliens* (3).

De ces nouvelles observations, il semble résulter, comme M. Belzung l'annonçait déjà en 1887, que les grains d'ami-

(1) Cotylédons du *Quercus Mirbeckii*, du *Lupinus albus* et du *Theretia neriifolia*. — Voy. J. Godfrin, *Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen* (Ann. Sc. nat. Bot., 6e série, t. XIX, p. 136 et 141, et pl. VI, fig. 77-80). — Plantules du *Phaseolus multiflorus*, du *Pinus Pinea*, etc. Belzung, *op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 261, et pl. VI, fig. 32-35).

(2) *Annales*, 7e série, t. V, p. 263.

(3) *Journ. de Bot.*, 1895, p. 34 et suiv.

don de l'embryon des Papilionacées naissent bien, en effet, directement, sans aucune intervention préalable d'un granule albuminoïde quelconque, leucite ou plastide, dans les très fines vacuoles du réseau protoplasmique fondamental (1).

Toutefois, s'il en est ainsi de l'amidon embryonnaire, M. Belzung reconnaît néanmoins, d'accord en cela avec M. Schimper, « qu'à toutes les autres phases de la vie de la plante, les grains d'amidon se déposent toujours dans des corpuscules albuminoïdes préexistants », lesquels toutefois, suivant lui, ne peuvent s'édifier qu'à la faveur des grains d'amidon préalablement élaborés dans l'embryon (2).

Il faut convenir que quelques mots d'explication sur le sens et la portée de cette dernière proposition n'auraient pas été inutiles.

D'après M. Belzung, le grain d'amidon, simple ou composé, suivant les dates, qui s'est ainsi formé dans une vacuole du protoplasme fondamental, s'entourerait, à un moment donné, d'une sorte de squelette plasmique, tantôt simple (grain simple) tantôt réticulé (grain composé), se transformant lui-même sur place, par suite d'une sorte de digestion du granule ou des granules d'amidon inclus, en un corpuscule albuminoïde, — celui-là même que, par suite d'une étude incomplète de sa constitution intime, M. Belzung avait considéré d'abord comme étant de nature ternaire, en proposant pour lui le nom d'*amylite*.

En suite de quoi, tantôt demeuré incolore ou prenant des colorations variées, ce même corpuscule passerait à l'état de leucoplastide ou de chromatophore, tantôt il s'imprégnerait de pigment vert pour se transformer finalement en un grain de chlorophylle (3).

Que si nous suivions plus loin l'évolution de ce dernier organite, nous le verrions bientôt grossir et se charger de

(1) *Ibid.*, p. 35 et suiv.
(2) *Ibid.*, p. 38.
(3) *Ibid.*, p. 48.

nouveaux grains d'amidon qui finiront souvent par le remplir entièrement ou le faire même complètement disparaître.

S'appuyant sur ces diverses observations, M. Belzung en arrive à conclure : 1° que le grain d'amidon doit être reconnu « comme principe générateur du corpuscule chlorophyllien » (1) ; 2° que, si le grain vert naît ainsi « sous l'action protoplasmique, de la synthèse des matières amylacées et d'un complexe d'autres substances empruntées au suc cellulaire, inversement il peut reconstituer son hydrate de carbone générateur » comme un produit de sécrétion provenant de la « décomposition de sa propre substance » (2), phénomène dont l'ensemble, d'après les propres expressions de M. Belzung, constitue « un cycle réversible » (3).

Comme précédemment, M. Belzung continuait, d'ailleurs, de reconnaître, dans son second mémoire, l'existence, à différents stades de la vie de la plante, de grains de chlorophylle formés sans intervention visible de l'amidon, par différenciation directe, et soulèvements partiels du protoplasme pariétal, comme dans le pistil du Haricot (4) et dans la plantule en germination du Lupin blanc (5).

Il est vrai qu'il s'était demandé, dès 1887, si ces sortes de renflements ne seraient pas dus, en réalité, à la présence de granules amylacés d'une extrême ténuité, ne bleuissant pas, mais jaunissant par l'eau iodée. C'est un point, ajoutait-il, sur lequel on ne saurait se prononcer, dans l'état actuel de la science (6).

Nous serons amené par la suite à nous rendre compte de la véritable origine des grains de chlorophylle qui paraissent, au premier abord, se former de la même manière dans les entre-nœuds supérieurs, déjà plus ou moins allongés, de quelques-unes de nos espèces.

(1) *Ibid.*, p. 48.
(2) *Ibid.*, p. 138 et 185.
(3) *Journ. de Bot.*, 1892, p. L.
(4) *Journ. de Bot.*, 1895, p. 101 et 103.
(5) *Ibid.*, p. 69.
(6) *Annales*, 7e série, t. V, p. 183 et 184.

M. Belzung a intentionnellement négligé, dans son second mémoire, tout ce qui se rapporte à la production de l'amidon et de la chlorophylle dans la tige et la feuille de la plante adulte. Il se borne à dire qu'à cet égard « les données morphologiques se réduisent essentiellement à cette constatation, que des granules amylacés prennent naissance dans l'intérieur des corps chlorophylliens soumis à l'action de la lumière, les conditions générales nécessaires à la manifestation de la vie étant d'ailleurs satisfaites » (1).

J'arrive maintenant à l'exposé et à la critique de mes propres observations.

Quand on étudie avec soin les cellules des assises terminales du cône de végétation, on y constate la présence, dès le début, d'un certain nombre de granules ou corpuscules incolores, de réfringence variable, diversement répartis dans le protoplasme fondamental, mais présentant tous ce caractère commun de se laisser colorer uniformément en jaune par le réactif iodo-ioduré.

Ils se laissent, en outre, impressionner, soit directement par la fuschine et le rouge d'aniline formolisé, soit par les couleurs d'aniline en général, après traitement par l'alcool, soit même, pour certains d'entre eux, par la solution aqueuse du bleu d'aniline. L'acide acétique, à différents degrés de concentration, les détruit ou les neutralise. Ils présentent, en un mot, la plupart des réactions caractéristiques des substances protéiques ou albuminoïdes.

En continuant l'examen d'une coupe traitée par l'alcool et le réactif iodo-ioduré, nous voyons s'y différencier, à un niveau inférieur, dans le canal médullaire et dans les assises internes de l'écorce primaire, plus rarement jusqu'au sommet, dans la région axile du cône, des granules un peu grossis, passant par transitions plus ou moins sensibles, de haut en bas, à une coloration brune d'autant plus accusée qu'ils s'éloignent davantage de leur lieu d'origine.

(1) *Journ. de Bot.*, 1895, p. 135.

Traitant ensuite la coupe par l'acide acétique et l'eau distillée, nous pourrons nous faire une idée assez nette de la structure intime des granules à ces deux premières phases de leur évolution.

La coupe s'est de la sorte sensiblement éclaircie par dissolution du protoplasme (1), tandis que les granules, d'abord neutralisés par l'acide, sont redevenus apparents au contact de l'eau distillée. Ils sont de deux sortes : les uns uniformément colorés en jaune, tous localisés à l'extrémité ou plus rarement sur les côtés seulement du cône, les autres, à un niveau ordinairement inférieur, dans la moelle et l'écorce primaire des premiers entre-nœuds, portant, incrustés dans la substance jaune, un ou plusieurs corpuscules très ténus, qui conservent seuls la coloration brune communiquée par le réactif à la masse tout entière, et dans lesquels il va nous être aisé de reconnaître des granules d'amidon à l'état naissant : Sycomore (30 mai 1892, 29 mai 1894), Poirier (13 juin 1893), Pommier (31 mai même année), Myrsine d'Afrique (18 juin 1896), Frêne (3 juin 1893), Laurier-Rose (17 juin 1896), Fusain du Japon (13 juin même année), Faux-Ébénier (26 août 1894), Lilas (15 avril 1892), Corète du Japon (18 mai 1896), Figuier (16 juin 1892), Staphylier (25 mai 1893), Fusain d'Europe, Laurier-Tin, Seringa, Spirée à feuilles d'Obier (17 juin 1892), etc., etc.

Il est vrai que la réaction élective de l'iode sur l'amidon est restée jusqu'ici assez obscure; pour la bien mettre en évidence, il convient de s'adresser à d'autres coupes pratiquées au même niveau, lesquelles seront traitées successivement par l'alcool, la potasse, l'acide acétique, et l'eau ou la glycérine iodée (2)

La substance protéique, formant en quelque sorte le

(1) Sur cette action dissolvante de l'acide acétique, voy. Baillon, *Dict. de Bot.*, t. III, p. 575.

(2) Sachs, *Physiologie végétale*, trad. franç., p. 350. — Poulsen, *Microchimie végétale*, trad. franç., p. 7. — Strasburger, *Manuel d'anatomie végétale*, trad. franç., p. 48.

squelette, ou, pour mieux dire, la matrice des granules amylacés, se trouvera de la sorte complètement dissoute, de même que le protoplasme ambiant, et il ne restera plus dès lors dans les cellules des entre-nœuds supérieurs que les seuls granules précédemment brunis par le réactif iodo-ioduré, lesquels, mis à nu par la potasse, ont pris, au contact de l'iode, une des colorations, bleue ou violacée, caractéristiques de l'amidon.

Quant aux granules que le même réactif colorait précédemment en jaune dans les très jeunes cellules de la tige, ils ont complètement disparu, dissous également par la potasse, sans qu'on puisse se méprendre sur leurs rapports d'identité avec les granules passés à l'état d'amyloplastides, qu'ils précédaient dans le cône et les y ont remplacés à un niveau un peu inférieur.

Avant d'aller plus loin, il y aurait lieu de se rendre compte du processus de formation des petits noyaux amylacés qui apparaissent ainsi de bonne heure dans l'intimité des granules protéiques primordiaux.

Deux cas peuvent se présenter, selon qu'il ne se forme qu'un seul granule d'amidon ou qu'il s'en forme plusieurs dans le même plastide.

Lorsqu'il ne se forme qu'un seul granule d'amidon, celui-ci, plus ou moins bruni par le réactif iodo-ioduré, peut apparaître, soit au centre, soit sur le bord du plastide, progressant ensuite du centre à la périphérie, dans le premier cas, en direction centripète dans le second.

Quant aux granules multiples, ils peuvent se former, tantôt à la périphérie du plastide, progressant ensuite vers le centre, tantôt sans ordre apparent et diversement distribués dans l'intérieur de la masse.

Je conviens qu'à cette première phase de production amylacée, le détail des phénomènes est d'une observation difficile en raison de l'extrême petitesse des organites considérés. Mais bientôt les granules complexes, — protéo-amylacés, — ont pris assez de développement pour

qu'on puisse, chez beaucoup d'entre eux, grâce aux réactions différentielles plus haut indiquées (iodo-iodure, acide acétique, eau distillée), se rendre assez bien compte du nombre et de la position relative de leurs enclaves amylacées. Et les idées achèveront de se fixer sur ce point, lorsque nous pourrons constater, plus tard, la plus complète analogie entre les phénomènes d'amylification que nous venons d'entrevoir seulement dans les plastides en voie de croissance, et ceux que nous étudierons, avec toutes facilités d'observation, lors de la formation de l'amidon d'été dans ces mêmes plastides passés à l'état de grains de chlorophylle adultes.

Cependant, les grains d'amidon achèvent de grossir en distendant de plus en plus leur enveloppe albuminoïde finalement réduite à une très mince pellicule englobante, généralement encore incolore. Il y en a même qui paraissent parfois s'être dégagés de cette enveloppe, lorsqu'on les voit, placés dans l'eau, se répandre dans la cavité cellulaire et s'y montrer agités du mouvement brownien (Staphylier, 25 mai 1892).

Quant aux grains, en plus grand nombre, qui restent entourés d'une mince pellicule albuminoïde, une fois leur maximum de développement atteint, ce qui n'est pas beaucoup dire, car ils restent alors généralement assez petits, on les voit bientôt se mettre en régression par des procédés analogues à ceux que nous étudierons en automne, tandis que leur enveloppe albuminoïde s'épaissit peu à peu en s'imprégnant d'un pigment parfois jaunâtre au début, puis vert, pour aboutir finalement à la constitution d'un grain de chlorophylle complet, après absorption totale de l'enclave amylacée.

L'étude de cet ensemble de phénomènes nous a paru singulièrement facilitée, par suite de la prompte résorption de l'amidon, dans la région endodermique d'une jeune pousse de Lilas coupée le 15 avril 1892, et mise en observation, le pied dans l'eau, jusqu'au 6 mai suivant.

Mes remarques sur ce point sont, d'ailleurs, absolument conformes à celles de M. Schimper, d'après qui le grain d'amidon se dissout toujours en tout ou en partie dans son leucite formateur, lorsque celui-ci se transforme en chloroleucite par imprégnation du pigment vert (1). Et ailleurs : « D'abord les corpuscules amylacés grossissent, l'amidon se redissout en tout ou en partie et en même temps se développe le pigment » (2).

Il importe toutefois de remarquer, — ce qui, croyons-nous, n'avait pas encore été fait jusqu'ici, et nous y y reviendrons par la suite, — que les phénomènes de régression de l'hydrate de carbone et de formation du corps chlorophyllien ne sont pas absolument parallèles.

En effet, le plastide en voie de reconstitution continue encore de grossir et de verdir pendant quelque temps après la disparition complète de l'amidon, preuve évidente de sa vitalité propre, son accroissement se faisant ainsi, pour partie, aux dépens du milieu ambiant, indépendamment de la part contributive prise à son élaboration par la transsubstantiation de l'hydrate de carbone auquel il avait lui-même donné naissance.

Le corps chlorophyllien n'a généralement atteint, à cette époque, que les deux tiers environ de son volume définitif. Je ne connais guère d'exception à cette règle que pour les chloroplastides de l'endoderme dont la croissance s'opère et s'achève assez souvent, comme on sait, sans diminution sensible dans le nombre et la grosseur de leurs enclaves amylacées.

Je dois reconnaître qu'il n'est pas toujours facile de constater la persistance de la mince pellicule albuminoïde qui continue, suivant moi, d'entourer la plupart des grains d'amidon au cours de leur évolution ascendante, bien qu'on

(1) Schimper, *Sur l'amidon et les leucites* (Ann. Sc. nat. Bot., 7e série, t. VI, p. 83).

(2) *Sur l'origine des grains d'amidon* (Ann. Sc. nat. Bot., 6e série, t. XI, p. 262).

la retrouve assez visible dès que ceux-ci commencent à entrer en régression, et l'on en vient ainsi à se demander, — ce qui serait rentrer en partie dans le sens des observations de M. Belzung sur l'amidon embryonnaire, — si le grain d'amidon, se dégageant, en réalité, de son enveloppe albuminoïde, ne serait pas ainsi appelé à constituer, à lui seul, le corps chlorophyllien, sans le concours de son plastide formateur disparu, et sous la seule action de la lumière et du milieu plasmique.

Nous ne le pensons pas. Quelles que soient, en effet, les difficultés d'observation en pareil cas, il ne nous paraît pas impossible, avec un peu d'attention, de saisir quelques indices matériels de cette persistance de l'enveloppe.

C'est ainsi que l'acide acétique diminue le nombre apparent des granules, en dissolvant ou neutralisant ceux qui ne contiennent pas encore d'amidon, tandis qu'il fait apparaître les autres tout à la fois plus réfringents et plus petits, par suite très vraisemblablement d'une action analogue sur leur pellicule englobante.

C'est pour le même motif que le violet de gentiane colore les granules protéo-amylacés après traitement par l'alcool, et reste sans action sur eux lorsqu'ils ont passé au préalable par l'acide acétique concentré.

Enfin, en traitant les coupes, comme précédemment, par le réactif iodo-ioduré, l'acide acétique et l'eau distillée, il n'est pas rare de trouver, associée aux noyaux amylacés colorés en brun plus ou moins foncé par le réactif, une substance simplement jaunie, attestant bien évidemment la persistance sur leurs bords d'une portion plus ou moins réduite des plastides formateurs.

Cette persistance de l'enveloppe azotée a, d'ailleurs, été reconnue par M. Belzung lui-même dans les leucites amylogènes de la racine (1), et par M. Schimper, d'après qui,

(1) Belzung, *Note sur le développement de l'amidon dans les plantes germant à l'obscurité* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1885, p. 374 et suiv.). — Voy. aussi *Journ. de Bot.*, 1892, t. XLIX et L.

dans tous les cas où l'on n'observe pas d'enveloppe albuminoïde au grain d'amidon, celui-ci n'en est pas moins inclus dans un leucite très délicat, que son manque de coloration empêche seul d'apercevoir (1).

M. Schimper ajoute que, lorsqu'il se produit, dans les cas douteux, un verdissement des grains d'amidon, on peut conclure à l'existence de plastides qui les enveloppent exactement et qui se reconstituent lors de la dissolution de ces mêmes grains (2).

Baillon considère également que « le grain d'amidon demeure enveloppé par le protoplasme tant qu'il s'accroît et même souvent au delà, après quoi le *mince revêtement protoplasmique* qui l'entoure peut finir par disparaître » (3).

Au surplus, le temps d'hésitation est fort court, l'apparition du pigment vert à la périphérie du grain d'amidon ne tardant pas à lever tous les doutes.

Cherchant maintenant à tirer des observations précédentes les conclusions générales qu'elles comportent, nous arrivons à reconnaître, quelles que puissent être les différences que nous aurons à constater entre eux dans la suite de leur évolution, que les corps chlorophylliens, considérés dans la tige des Phanérogames en général, nous apparaissent comme le produit, non entièrement, mais pour la plus grande part, de la synthèse d'un hydrate de carbone avec son plastide formateur.

Le grain d'amidon se constitue à l'intérieur du plastide, auquel il sert ensuite d'aliment de réserve destiné à l'élaboration du grain de chlorophylle, comme aboutissant d'une digestion double et successive du granule protéique ou plastide par l'hydrate de carbone dont il avait lui-même, au début, synthétisé les éléments, et de l'hydrate de carbone par le plastide.

Nous nous trouvons donc ici en présence de deux forces

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7e série, t. V, p. 232.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Dict. de Bot.*, t. III, p. 581.

concomitantes, mais non pas égales, puisque le plastide survit à l'hydrate de carbone et continue même de grossir, comme on l'a dit plus haut, après la complète disparition de celui-ci.

S'il en est réellement ainsi, le phénomène de la synthèse amylo-chlorophyllienne, considéré dans les jeunes tissus de la tige, constituerait donc bien, en réalité, comme dans l'embryon, un cycle réversible, pour me servir des expressions de M. Belzung, mais un cycle réversible avec interversion des termes. D'après M. Belzung, le cycle partirait, dans l'embryon, d'un hydrate de carbone pour aboutir à un hydrate de carbone par l'intermédiaire d'un corpuscule albuminoïde ; je le fais partir, au contraire, dans la tige, d'un corpuscule albuminoïde, pour aboutir à un corpuscule albuminoïde par l'intermédiaire, pour partie, d'un hydrate de carbone (granule amylacé).

Et j'ajoute immédiatement qu'il faut, par suite, reconnaître au granule protéique initial, dans la tige, un rôle physiologique identique à celui du grain de chlorophylle adulte dans lequel, d'après M. Belzung, s'effectuerait « l'assimilation de l'ensemble des principes minéraux qui viennent se rassembler dans le parenchyme », et d'où résulterait notamment, dans l'un et l'autre cas, la formation de l'amidon, comme un produit de sécrétion des matières protéiques, lié à la décomposition partielle de leur propre substance (1).

Quelles que soient, d'ailleurs, les divergences d'opinions sur l'interprétation de ces phénomènes très complexes et en somme assez obscurs, il reste du moins acquis que

(1) *Journ. de Bot.*, 1895, p. 136, 138 et 142. — M. de Lanessan est porté « à voir, dans la fonction chlorophyllienne, l'instrument véritable de la synthèse des matières albuminoïdes », les hydrates de carbone, amidon et graisse, qui en dérivent et sont contenus dans les corpuscules chlorophylliens ne constituant pas, suivant lui, des produits directs de cette même synthèse, mais un produit d'analyse par désassimilation du protoplasma qui forme le substratum de ces corpuscules (Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 19. — J.-L. de Lanessan, *La Botanique*, p. 265).

l'amidon nous apparaît, conformément aux conclusions de M. Belzung (1), comme un des éléments générateurs habituels du grain de chlorophylle, aussi bien dans la tige en croissance que dans les tissus de la jeune plante à certaines phases de sa vie embryonnaire.

Est-ce à dire qu'il doive en être considéré comme le facteur indispensable? Nullement.

Sans même qu'il soit besoin de faire intervenir le mode spécial de formation par différenciation directe du protoplasme pariétal, dont il a été question précédemment, on devra reconnaître, en effet, que la chlorophylle peut se former sans aucune intervention apparente de l'amidon : normalement chez le Charme, où nous savons que l'amidon primordial fait toujours défaut, exceptionnellement dans certaines tiges d'une croissance particulièrement vigoureuse, comme j'en ai trouvé des exemples chez le Frêne, la Vigne et autres espèces énumérées plus haut (p. 324).

J'ai vu de même l'amidon, complètement nul, au début, dans les assises corticales externes du Poirier (2 mai 1891), du Sureau (25 juin-11 juillet 1896), du Baguenaudier (4 juillet 1896), de l'Obier, du Sumac glabre, du Staphylier, du Tilleul, dans le cône floral du Rosier (6 juillet 1892, 9 juin 1893), etc., etc., n'y apparaître qu'assez tard, en trop faible quantité et d'une façon trop fugitive pour qu'on pût lui attribuer un rôle tant soit peu appréciable dans l'élaboration des plastides chlorophylliens.

Mêmes remarques sur de jeunes pousses placées, au contraire, expérimentalement dans des conditions de végétation tout à fait défavorables, et forcées par suite de consommer directement, sans figuration préalable, la plus grande partie des substances qui contribuent d'ordinaire à former dans le cône de végétation une première réserve amylacée.

De là cette conclusion que la suppression totale ou par-

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7e série, t. V, p. 299. — Belzung, *Sur le verdissement* (Journ. de Bot., 1891, p. 351 et 352).

tielle de la phase amylacée primordiale, incapable, aussi bien dans l'un que dans l'autre cas, d'empêcher l'évolution chlorophyllienne des plastides, peut résulter indifféremment de variations en sens contraire, excès ou depression, dans les facultés végétatives de la plante.

A l'appui du second terme de cette proposition, je puis citer une suite d'expériences entreprises dans les conditions que voici :

Je suppose quelques tiges de l'année coupées au cours de l'hiver et maintenues, le pied dans l'eau, en chambre chauffée, jusque vers le milieu de février ou les premiers jours de mars. On voit alors se développer sur ces tiges de petites pousses feuillées, ou même parfois de courtes inflorescences (Lilas, Épine-Vinette, Groseillier), qui végètent plus ou moins longtemps avant de se flétrir, faute d'alimentation suffisante.

Dans ces conditions de végétation anormale, le peu d'amidon tenu ordinairement en réserve dans le bourgeon latent, venant à s'épuiser promptement, il peut se faire qu'il ne soit pas remplacé dans le cône végétatif en croissance, ou que, s'il s'y reforme en faible quantité, ce qui arrive le plus souvent, c'est pour se localiser presque aussitôt dans l'endoderme seulement, ou tout à la fois dans l'endoderme et la moelle.

Or, j'ai remarqué que cette suppression totale ou partielle de la phase amylacée primordiale ne fait nullement obstacle à la formation des corps chlorophylliens. On constate seulement, comme on devait s'y attendre, qu'ils restent généralement plus petits que ceux des tiges à croissance normale.

Les espèces que j'ai vues se prêter le mieux à ce genre d'expériences sont les suivantes : Chèvrefeuille (18 mars 1893), Fusains d'Europe et du Japon (avril 1893), Marronnier (7-24 mars 1896, 9 avril 1893), Noisetier (29 mars 1896), Orme (même mois, même année), Aristoloche (11 mars 1892, 11 avril 1893), Fustet (20 avril 1892),

Sumac glabre (mars-avril 1896), Cassis (6 mars 1892, 25 mars 1893, mars-avril 1896), Groseillier (mars-avril, même année), Sureau (mars 1893 et 1896), Obier (10-30 mars 1896), Arbre de Judée (5 avril, même année) et Épine-Vinette. — Citons enfin et surtout le Lilas, où j'ai pu suivre fréquemment la marche du phénomène dans des conditions particulièrement démonstratives (7-9 février 1893, mars 1893 et 1896, 7-23 avril 1892, etc., etc.).

Il est vrai que j'ai vu l'amidon se former et se comporter d'une façon à peu près normale dans le cône végétatif d'autres espèces soumises aux mêmes expériences, et qui se montraient ainsi beaucoup moins sensibles que les précédentes aux conditions déprimantes de végétation où elles se trouvaient placées. C'est ce que j'ai constaté chez le Faux-Ébénier, l'Acacia, le Frêne, le Staphylier et le Seringa. Les granules d'amidon observés, le 20 avril 1892, à l'extrémité même du cône de cette dernière espèce, se montraient tous, dès leur apparition, très distinctement teintés de vert, ce qui va bien, d'ailleurs, dans le sens de leur origine albuminoïde.

Enfin si, modifiant un peu les conditions d'expérience qui viennent d'être indiquées, nous procédons, au printemps, par voie de sevrage sur de jeunes tiges en pleine croissance (Obier, Sycomore, Marronnier, Laurier-Tin, Fusain du Japon, etc.), l'amidon ne tardera pas à disparaître, sans qu'il en résulte aucune modification importante dans l'évolution des chloroplastides.

Ce ne sont là, toutefois, je le répète, que des faits exceptionnels; dans la marche ordinaire des choses, cette évolution ne s'opère le plus souvent qu'à la faveur d'une phase transitoire, généralement assez courte, de production amylacée.

Mes observations sur l'ensemble des phénomènes de l'amylo-chlorophyllo-genèse dans la tige des Phanérogames, ont porté plus spécialement sur le cône végétatif et les tissus corticaux et médullaires des entre-nœuds supérieurs des

espèces suivantes : Sycomore (30 mai 1892), Vigne-Vierge (1er août 1892), Faux-Ébénier (26 août 1894), Figuier (16 juin 1892), Frêne (3 juin 1893), Fusain et Corète du Japon (18 mai, 13 juin 1896), Lilas (15 avril 1892), Myrsine d'Afrique (18 juin 1896), Laurier-Rose (17 juin 1896), Pommier, Poirier (31 mai, 13 juin 1893), Spirée à feuilles d'Obier (17 juin 1892), Staphylier (12 avril 1892, 25 mai 1893), Sumac glabre, Fustet, Fusain d'Europe, — et, de plus, sur trois espèces herbacées qui présentent de grandes facilités d'observation : *Aster lævis* L. (9-31 juillet 1892, 30 juin 1896), *Phlox paniculata* L. (25 juin, 1er août 1892, 1-7 juillet 1896), *Saponaria officinalis* L. (25 juin 1890, juin, août 1892, 26 juin 1893, 1er juillet 1896).

C'est également par synthèse d'un grain d'amidon et de son plastide ou corpuscule albuminoïde formateur, que j'ai vu la chlorophylle se former : 1° dans les jeunes feuilles de la plante adulte ; 2° dans certains méristèmes secondaires à tissu vert, tels que les rayons libériens de la Vigne et du Faux-Ébénier, le phelloderme des *Ribes*, etc., etc. ; 3° dans l'embryon du *Pelargonium zonale* Willd., du *Senecio vulgaris* L. et du *Portulaca grandiflora* Lindl. ; 4° enfin, dans les poils foliaires de certaines plantes ligneuses, telles que le Charme et le Sureau, ou herbacées, comme le Dalhia, la Courge et le Mélandre dioïque.

L'origine des grains d'amidon dans les tissus incolores de la tige est la même. Ils procèdent également d'un granule protéique (*leucoplastide* de M. Schimper), avec cette double différence que celui-ci ne s'imprègne pas de pigment vert et qu'il tend assez souvent à se résorber finalement, en même temps que le grain d'amidon auquel il a donné naissance. C'est ce que j'ai pu constater, notamment, dans les assises incolores de la zone corticale externe du Laurier-Rose, dans les plages superficielles également incolores, qui alternent avec les massifs chlorophylliens de l'écorce primaire du Rosier, dans le cambium du Sycomore et autres tissus de même sorte.

Nous remettons à la fin du chapitre suivant l'examen de la question de savoir d'où proviennent les granules protéiques qui sont le siège de la première production amylacée dans la tige des Phanérogames, et dont l'évolution aboutit à la formation des corps chlorophylliens.

CHAPITRE DEUXIÈME

DIFFÉRENCIATION DES CELLULES ET DES CHLOROPLASTIDES

Nous abordons, dans ce chapitre, l'étude de certains phénomènes qui accompagnent, dans l'intimité de la vie cellulaire, la transformation des granules protéiques initiaux en grains de chlorophylle. Il convient, à cet effet, de revenir tout d'abord un instant sur nos pas.

Observées dans l'eau, les très jeunes cellules du méristème terminal ne présentent pas toutes ni toujours le même aspect. Le noyau, plus ou moins visible, occupe encore une grande partie de la cavité cellulaire, et s'y montre, tantôt accompagné d'un plasma d'aspect franchement granuleux, à éléments réfringents, tantôt entouré d'un petit nombre de granules ou corpuscules plus pâles, engagés avec lui dans un plasma homogène ou d'apparence telle, et d'assez faible réfringence (1).

Tel est du moins l'état de choses qui nous est apparu le plus souvent au sommet du cône végétatif d'un grand nombre d'espèces (Sycomore, Baguenaudier, Figuier, Frêne, Fusain d'Europe, Lierre, Vigne-Vierge, Staphylier, Acacia, Lilas, etc.), et dans lequel nous croyons entrevoir les premiers indices de la spécialisation caractéristique des deux sortes de chloroplastides que nous aurons bientôt à différencier, et des deux sortes de cellules où ils sont réciproquement localisés.

(1) Sur le rôle du noyau dans la formation de l'amidon, voy. Belzung, *op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 230 et 231).

Il est vrai que ces différences initiales sont souvent assez obscures, et qu'elles s'effacent en présence de l'alcool absolu, lequel ramène instantanément le contenu de toutes les cellules au seul type granuleux. Il m'est même arrivé de n'en point rencontrer d'autres sur coupes examinées dans l'eau (Faux-Ébénier, Chèvrefeuille, Arbre de Judée, Laurier-Rose), ce qui pouvait tenir, soit à certaines modifications accidentelles dans la structure intime du protoplasme, soit, plus probablement, à ce que, dans les coupes considérées, la croissance de la branche étant plus avancée, les cellules terminales sortaient déjà de leur état primordial, essentiellement transitoire, pour passer à une seconde phase d'évolution où la distinction des deux sortes de cellules devient à peu près impossible (1).

Elles ne tardent pas toutes, en effet, à se creuser de vacuoles, tandis que les granules ou corpuscules plus ou moins différenciés qu'on y observait au début, commencent à grossir et se chargent en même temps d'amidon, ce qui les rend plus réfringents et partant plus visibles, tout en communiquant à l'ensemble des cellules un facies assez uniformément granuleux.

Cependant, à cette seconde phase de l'évolution des cellules, caractérisée, comme il vient d'être dit, par la formation des vacuoles et l'amylification des granules va bientôt en succéder une autre où nous verrons s'accuser, enfin, en toute netteté, les caractères différentiels, simplement entrevus jusqu'alors, qui nous permettront de les distribuer en deux grandes catégories morphologiquement, et, selon toute vraisemblance, physiologiquement distinctes, état stable désormais et qui persistera, dans certains tissus de la tige adulte, au cours entier de son existence.

Je dis : dans certains tissus de la tige, parce qu'en effet

(1) Chez la Vigne-Vierge, je trouve au cône, tantôt des cellules toutes à contenu uniformément granuleux (5 septembre 1892), avec différenciation ultérieure, tantôt un mélange de cellules, les unes à contenu granuleux, les autres à plasma sombre et noyau central, sans plastides ni granulations visibles (1885).

la spécialisation différentielle dont il est ici question n'affecte, en réalité, d'une façon plus ou moins sensible que les cellules des tissus parenchymateux, chlorophylliens ou autres, restés vivants. Elle est moins appréciable, ou s'annihile même complètement dans les tissus mécaniques ou simplement conducteurs : parenchyme lignifié, fibres, tubes criblés et vaisseaux.

Pour nous rendre bien compte de la marche des phénomènes, il importe de les considérer séparément dans les deux sortes de cellules. Voyons d'abord ce qui se passe dans les cellules à plasma granuleux.

Déjà sensiblement grossis, transformés en plastides amylogènes, et commençant le plus souvent à verdir sous l'influence de la lumière, les granules propres de ces sortes de cellules ne tardent pas à se dégager plus ou moins de la couche continue du plasma pariétal, laquelle se trouve finalement réduite à l'état d'une très mince pellicule utriculaire à structure assez visiblement granuleuse.

Ainsi mis en liberté, on voit alors les plastides de cette première sorte, tantôt se répartir par petits groupes dans l'intérieur de la cavité cellulaire, souvent au voisinage du noyau, tantôt se répandre isolément contre la face interne de la pellicule albuminoïde qui en revêt les parois.

Il faut un peu d'attention pour se rendre compte de cette dernière disposition. En y regardant de près, on finit cependant par reconnaître, en coupe optique, que ceux des chloroplastides qui, chez ces sortes de cellules, viennent à ramper contre les parois radiales, s'en montrent très ordinairement séparés par une très étroite bordure, correspondant vraisemblablement à la mince couche de l'utricule primordial. J'ai même pu, chez le Lilas (21 juillet 1895), en traitant les coupes par l'alcool à 30°, mettre en évidence certains chloroplastides apparaissant par transparence *derrière* la couche utriculaire granuleuse de la paroi antérieure.

Ne serait-ce pas aussi à cet état d'indépendance des chlo-

roplastides à l'égard de cette même couche qu'il faudrait attribuer la facilité avec laquelle on les voit, dans certaines cellules du type granuleux, — jamais dans les autres, — se gonfler plus ou moins en présence de l'eau, jusqu'à se mettre parfois dans un état de quasi-diffusion dans la cavité cellulaire, ce à quoi leur inclusion persistante dans la couche pariétale devrait vraisemblablement faire obstacle.

Définitivement fixés dans cet état d'indépendance, très promptement chez la plupart des espèces, plus tardivement chez quelques autres (Baguenaudier, Petit-Houx, Faux-Ébénier, Acacia, Sycomore, Sureau), les chloroplastides des cellules à plasma granuleux, achèvent de verdir, passent lentement à l'état adulte, en résorbant leur amidon, tandis qu'on voit très fréquemment la cavité des mêmes cellules se remplir, en tout ou en partie, d'une substance elle-même vaguement granuleuse (Acacia, Fusain d'Europe, Corète du Japon, Lierre, Myrsine d'Afrique, Orme, Petit-Houx, Staphylier, Chèvrefeuille, Seringa), ou plus souvent granulo-visqueuse, et, dans les deux cas, tantôt incolore, tantôt plus ou moins pigmentée de vert (Fusains d'Europe et du Japon, Corète du Japon, Rosier, Staphylier, Tilleul, Sumac glabre, Fustet, Noisetier, Jasmin officinal, Pommier, Pêcher, etc.).

Incolore ou verdâtre, cette substance granuleuse se résorbe assez généralement, en tout ou en partie, en été, pour reparaître en automne, souvent plus abondante, mais dans des conditions de composition très probablement un peu différentes.

Aux cellules ainsi différenciées s'en trouvent constamment mélangées d'autres, sans ordre apparent, qui restent finalement remplies d'un suc clair, non granuleux, avec couche albuminoïde utriculaire ordinairement plus épaisse, d'apparence homogène, bien que toujours réductible à l'état granuleux par l'alcool et l'iode (1), telles, en un mot, qu'on se

(1) Le cytoblastème de Schleiden, autrement dit le protoplasma, jaunit et

trouve naturellement porté à les identifier avec les cellules qui nous étaient apparues semblablement caractérisées, avec granules ou corpuscules plus pâles, au sommet du cône végétatif.

Quant aux granules ainsi localisés, il est à remarquer qu'ils se distinguent des autres, non seulement par les différences initiales dont il vient d'être question, et par les caractères morphologiques que nous y relèverons plus tard, mais encore par la façon dont ils se comportent, soit à l'état formatif, soit ultérieurement, dans leurs rapports avec la couche continue du plasma pariétal.

Au lieu de se dégager plus ou moins promptement de cette couche pour se répandre de diverses façons dans la cavité cellulaire, selon le processus d'évolution des chloroplastides de la première catégorie, ceux-ci y restent, au contraire, indéfiniment inclus, sorte de disposition qu'on aurait donc eu le tort, suivant nous, de considérer jusqu'ici comme constituant le mode de station normale des grains de chlorophylle en général, sans distinction aucune de nature ou d'origine (1).

Une longue suite d'observations m'a, en outre, montré que les granules de la seconde sorte ne se comportent pas toujours de même au début, mais bien plutôt selon trois modes d'évolution que nous étudierons successivement, les deux premiers pouvant, d'ailleurs, se trouver associés dans la même tige, le troisième, rencontré seulement dans quelques cellules corticales très clairsemées de certaines de nos espèces.

1° Il peut se faire que les granules, déjà chargés d'amidon, restent assez longtemps engagés, autour du noyau, et avec lui, dans une couche assez épaisse de plasma réfringent, le

devient granuleux sous l'action de l'iode (Sachs, *Hist. de la Bot.*, trad. franç., p. 335).

(1) La disposition des chloroleucites « qui sont à l'état de grains... dépend de la disposition du protoplasme fondamental *où ils sont toujours plongés*, et change avec elle » (Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édit., p. 502).

tout formant une masse compacte, irrégulière, souvent mamelonnée ou mûriforme, qu'on ne saurait mieux comparer qu'à une sorte de grumeau, et où il est, d'ailleurs, assez facile de les mettre en évidence par l'alcool absolu et le réactif iodo-ioduré.

En cet état, les granules ne tardent pas à augmenter de volume et de nombre, — probablement par division, — tout en commençant à s'imprégner du pigment chlorophyllien, ce qui communique à la masse du grumeau une coloration verte plus ou moins caractérisée (Épine-Vinette, Arbre de Judée, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Faux-Ébénier, Seringa, Staphylier, Sureau); après quoi leurs enclaves amylacées se mettent en résorption, — le plus souvent avant celles des granules de la première sorte, — tandis qu'on les voit se détacher peu à peu du noyau pour se répandre isolément ou par petits groupes dans la couche continue du plasma pariétal où ils achèvent de se différencier.

Telle est du moins la marche habituelle du phénomène. Il y a pourtant des exceptions. J'ai vu certains de ces plastides rester incolores jusqu'au moment de leur dispersion, et ne commencer à verdir qu'après s'être définitivement répandus dans la couche utriculaire. Dès lors, leur amidon est déjà en grande partie ou même presque entièrement résorbé.

On trouve de bons exemples de ce premier mode d'évolution dans la moelle, l'écorce primaire et l'épiderme du Sureau, dans la moelle de la Vigne et de l'Arbre de Judée, dans la moelle et le péricycle de l'Épine-Vinette, dans les régions corticales internes du Chèvrefeuille, dans l'assise moyenne très différenciée de l'écorce primaire de l'Acacia, çà et là dans certaines régions caulinaires du Staphylier, de l'Obier, du Noyer, du Figuier, du Charme, du Baguenaudier et du Lierre, et, enfin, tant dans l'endoderme de la presque totalité des espèces ligneuses que j'ai été à même d'observer, que dans la plupart des tissus chlorophylliens d'un grand nombre d'espèces herbacées : *Avena sativa* L.,

Dahlia variabilis Desf., *Scabiosa arvensis* L., *Euphorbia esula* L., *Phlox paniculata* L., etc., etc.

Bien que généralement caractéristique des cellules à suc clair, il y a lieu toutefois de remarquer que ce premier mode d'évolution peut se rencontrer aussi, à titre exceptionnel, dans les cellules granuleuses de certaines espèces, mais avec cette circonstance que le grumeau initial, en pareil cas, se montre d'ordinaire plus fugace, les plastides qui y sont inclus se mettant toujours assez promptement en liberté : Petit-Houx (4 juin 1892), Figuier (juillet 1891), Baguenaudier, Faux-Ébénier, Acacia, Obier, Sycomore, Sureau.

C'est vraisemblablement sur l'interprétation inexacte de ce mode spécial d'évolution que se fondait le système de J. Queket, généralisé par A. Gris, d'après qui les grains de chlorophylle proviendraient normalement d'une sorte de gelée verte émanant du noyau, et se répandant de là sur les parois de la cellule (1).

On voit aussi les plastides, très promptement dispersés, se rassembler parfois un peu plus tard en une masse unique semblable à celle qui vient d'être décrite, et passer ainsi, avant de se répandre définitivement contre les parois, par une phase tardive, plus ou moins prolongée, de concentration grumellaire. C'est ce qu'il m'est arrivé d'observer dans l'écorce primaire du Seringa, du Fusain d'Europe et du Tilleul, ainsi que dans celle du Staphylier, où les plastides avaient déjà commencé à verdir lorsque je les vis s'amasser ainsi tardivement en grumeau.

Peut-être cependant ne faudrait-il pas se hâter de conclure de là à quelque prédisposition réellement spécifique, le groupement tardif des plastides pouvant aussi fort bien résulter de certaines conditions exceptionnelles de végétation, modificatrices, en pareil cas, de la marche ordinaire des choses.

(1) A. Gris, *Recherches microscopiques sur la Chlorophylle* (Ann. Sc. nat. Bot., 4e série, t. VII, p. 179-219, pl. V-X). — Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 133. — Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 14.

2° Au lieu de rester plus ou moins longtemps amassés autour du noyau, comme dans les cas précédents, les granules protéo-amylacés peuvent, au contraire, s'en éloigner de très bonne heure, parfois au sortir d'un petit grumeau initial essentiellement fugace, pour se répandre isolément ou par petits groupes contre les parois cellulaires.

Ce second mode d'évolution s'observe très fréquemment et paraît même être de beaucoup le plus habituel, dans l'écorce primaire, en dehors de l'endoderme, et dans la moelle d'un très grand nombre d'espèces ligneuses. Je puis citer comme exemple ce que j'ai constaté chez le Sycomore, l'Arbre de Judée, la Vigne-Vierge, le Citronnier, le Faux-Ébénier, le Frêne, les Fusains d'Europe et du Japon, le Laurier-Cerise, le Laurier-Rose, le Lilas, le Marronnier, le Myrsine d'Afrique, le Noisetier, l'Orme, le Pêcher, le Pommier, le Poirier, le Genêt d'Espagne, le Sumac glabre, le Fustet, etc., etc.

La dispersion isolée des granules peut s'opérer de deux façons différentes : par glissement immédiat dans la couche utriculaire, ou par l'intermédiaire de trabécules protoplasmiques s'irradiant pendant quelque temps autour du noyau (1). Quand ils se répandent, au contraire, par groupes, on voit ceux-ci se porter aux angles des cellules ou contre diverses parties des parois, y formant, par confluence, des amas plus ou moins volumineux, de coloration souvent jaunâtre au début, puis verdissant peu à peu et souvent d'apparence homogène. Cette apparence est d'autant plus trompeuse que la couche utriculaire, à ce moment surtout, sensiblement épaissie, peut alors s'imprégner plus ou moins elle-même de pigment vert, toute reconnaissance des plastides qui y sont engagés devenant de la sorte impossible sans réactifs (rouge d'aniline formolisé, alcool et violet de gentiane).

Ainsi groupés, les granules continuent de grossir et de se

(1) Sachs, *Physiologie végétale*, trad. franç., p. 346.

multiplier par division jusqu'au temps de leur dispersion finale, ne prenant généralement leurs dimensions et leur coloration définitives, — phénomène, du reste, commun à toutes les sortes de chloroplastides, — qu'après résorption complète, ou à peu près complète, de leurs enclaves amylacées (Houx, Myrsine d'Afrique, Épine-Vinette, Cassis, Staphylier, etc., etc.). Je les ai vus cependant, par exception rare et peut-être accidentelle, jaunir, puis verdir, chez le Chèvrefeuille, avant toute production d'amidon.

Enfin, il peut se faire, la multiplication des plastides étant très abondante, qu'ils en viennent à recouvrir d'une couche continue toute la surface des parois, dessinant ainsi, en coupes optiques, contre les parois radiales, une série de festons réguliers, tandis qu'ils prennent, vus de face, une forme hexagonale, résultat forcé de leur compression réciproque.

On conçoit aisément que l'interprétation trop hâtive de cette dernière disposition par des observateurs insuffisamment attentifs aux phénomènes antérieurs, ait pu leur suggérer l'idée qu'en pareil cas les grains de chlorophylle provenaient, en réalité, de la segmentation sur place d'une couche de plasma d'abord uniformément continue, puis localement différenciée (1).

Il ne sera pas inutile d'ajouter, en terminant ce paragraphe : 1° que l'état de confluence peut se produire aussi plus ou moins tardivement, à la suite de la désagrégation première d'un grumeau initial plus ou moins fugace ; 2° que la formation d'une couche continue de plastides à sections hexagonales ne se rencontre que très rarement chez les espèces ligneuses en général ; 3° qu'elle est, au contraire, d'une observation assez fréquente dans la tige de beaucoup de plantes herbacées, comme j'en ai trouvé des exemples très caractérisés, chez l'*Achillea millefolium* L., le *Melandrium dioicum* Coss. et G. de St-P., le *Pastinaca*

(1) Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 14. — Sachs, *Physiologie végétale*, trad. franç., p. 345 et 346. — Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 133 et 134.

sativa L., le *Raphanus sativus* L., les *Sonchus arvensis* et *oleraceus* L., le *Solanum tuberosum* L., le *Bryonia dioica* Jacq., le *Papaver somniferum* L., etc., etc.

3° Enfin, j'ai rencontré, chez certaines espèces ligneuses, des cellules à suc clair, toujours en petit nombre, où le développement des plastides chlorophylliens, plus lent ou plus tardif, s'opère dans des conditions différentes de toutes celles qui ont été indiquées jusqu'ici (Acacia, Sycomore, Arbre de Judée, Charme, Faux-Ébénier, Frêne, Fusain d'Europe, Corète du Japon, Laurier-Rose, Lilas, Marronnier, Noyer, Orme, Pêcher, Poirier, Pommier, Spirée, Baguenaudier, Vigne, Chèvrefeuille, Sumac).

Sur le point d'atteindre leurs dimensions définitives, ces sortes de cellules, observées dans l'eau, ne paraissent contenir qu'un suc clair, sans traces visibles de granules d'aucune sorte, protéiques ou amylacés, soit que le premier amidon ou amidon transitoire, alors généralement en résorption dans les autres cellules (Baguenaudier, 29 mai 1892), ne s'y soit jamais formé, ou qu'il en ait déjà complètement disparu.

Assez mince et incolore au début, l'utricule primordial de ces mêmes cellules s'épaissit peu à peu d'une façon assez sensible, tout en prenant parfois dans son ensemble une coloration jaunâtre assez pâle. Enfin, on y voit se soulever par endroits de petites protubérances discoïdes, souvent très espacées, qui proéminent dans la cavité cellulaire, puis, s'imprégnant de pigment vert, se transforment finalement en autant de grains de chlorophylle.

Une étude superficielle de ce troisième et dernier mode d'évolution des chloroplastides localisés dans les cellules à suc clair, nous amènerait sans doute à conclure, qu'en pareil cas ils doivent se former par différenciation directe et soulèvements partiels consécutifs du plasma pariétal, qu'ils ont, autrement dit, même origine que ceux dont la formation a été étudiée et décrite par MM. Godfrin et Belzung dans les cotylédons ou dans la plantule en germination de certaines espèces (voy. plus haut p. 329).

Il n'en est rien. En traitant les coupes par l'alcool absolu et le violet de gentiane, on reconnaît qu'ici encore les chloroplastides sont le produit de l'évolution de granules protéiques invisibles dans l'eau, mais qui se trouvaient, en réalité, inclus dans la couche continue du plasma pariétal, avant tout soulèvement des protubérances chlorophyliennes qui leur doivent leur origine.

De quelque façon qu'ils procèdent, selon l'un ou l'autre des trois modes d'évolution que nous venons d'étudier, il est bon de rappeler que les chloroplastides ainsi localisés dans les cellules à suc clair, présentent tous ce caractère commun de rester longtemps ou même indéfiniment inclus dans la couche continue du plasma pariétal ou périnucléaire, tandis que les chloroplastides des cellules du type granuleux s'en dégagent toujours plus ou moins tôt.

Il est vrai que cette différence peut s'atténuer par la suite, lorsque les chloroplastides des cellules à suc clair, s'étant de nouveau chargés de granules d'amidon, après avoir atteint leur maximum de grosseur (amidon d'été), viennent à proéminer plus ou moins fortement dans la cavité cellulaire.

L'imprégnation du pigment vert se produit d'ordinaire directement chez les plastides chlorophylliens en voie de formation, tandis que s'opère la résorption des granules amylacés incolores qu'ils avaient fabriqués au début, mais il peut se faire aussi que le pigment se dépose d'abord sur de fins granules d'amidon formés tardivement dans des plastides restés eux-mêmes incolores, bien qu'ayant déjà atteint à peu près leur maximum de grosseur. Les granules ainsi colorés grossissent peu à peu, puis se mettent en résorption, tandis que le pigment vert dont ils étaient imprégnés se répand graduellement dans la masse du plastide, lequel se trouve ainsi finalement transformé en un vrai grain de chlorophylle. Parmi les espèces où j'ai observé ce mode spécial d'évolution chlorophyllienne, je me bornerai à citer le Faux-Ébénier, le Sureau, le Figuier, le Lilas et le Noisetier. Et j'ajoute

immédiatement que nous trouverons une sorte de contre-partie de ce phénomène en automne, et son exacte répétition lors de la rénovation printanière de l'amidon, chez certaines espèces, telle que le Lilas, dont les chloroplastides se décolorent plus ou moins complètement en hiver.

Il peut enfin arriver que les granules d'amidon, en se résorbant dans un chloroplastide en voie de formation, y laissent après eux une enclave de substance incolore qui, tantôt s'imprègne à son tour de pigment vert, tantôt fait place à une lacune persistante, centrale ou excentrique, ce qui semble déterminer l'origine des grains de chlorophylle en forme d'anneau, de croissant, de fer à cheval, etc., etc., que nous verrons plus loin se localiser dans certaines cellules granuleuses de quelques espèces.

Considérés dans l'écorce, les chloroplastides jouissent, pour la plupart, de la propriété de conserver ou de renouveler indéfiniment leur pigment vert. Il en est d'autres, au contraire, surtout dans la moelle de beaucoup d'espèces, qui, se décolorant peu à peu, retournent graduellement à leur état primitif de simples granules albuminoïdes, ou se résorbent même entièrement, laissant ainsi leurs enclaves amylacées se répandre à nu dans la cavité cellulaire.

Donc, dans la tige adulte des Phanérogames, deux sortes de plastides amylo-chlorophylliens, localisés dans deux sortes de cellules, lesquelles se différencient entre elles, non seulement par les caractères d'ordre morphologique précédemment indiqués, mais encore par la façon dont leur contenu se comporte en présence des réactifs. C'est en nous plaçant à ce dernier point de vue, qu'il nous reste à les examiner ici.

1° Instantanée sur les chloroplastides des cellules de la première sorte, et sur les granulations vertes qui leur sont souvent associées, comme il a été dit plus haut, l'action décolorante de l'alcool absolu est plus lente à se produire sur les grains de chlorophylle des cellules à suc clair. Le pig-

ment vert de ces derniers organites, incomplètement dissous par l'alcool, se répand aussitôt dans le suc cellulaire auquel il communique une coloration uniformément verdâtre très pâle, la décoloration complète ne se produisant qu'après un séjour plus ou moins prolongé dans le réactif.

2° J'ai vu aussi assez souvent se former, en présence de l'alcool absolu, dans les cellules à suc clair, à l'exclusion des autres, une sorte de précipité granuleux ou vésiculeux, très abondant, qui les obscurcit sensiblement, mais se dissout ensuite instantanément dans l'eau.

3° L'alcool à 90° ou 95° contracte de suite très énergiquement l'utricule primordial des cellules granuleuses, tandis que, chez les autres, cette contraction est plus lente à se produire, toujours moins accusée, parfois même à peu près nulle. Même remarque lorsque les coupes sont traitées par l'eau glycérinée, le bleu d'aniline, le vert de méthyle, l'iodo-iodure de zinc ou le brun Bismarck.

4° Le bleu violet d'aniline (1) et le bleu de méthylène, en solutions aqueuses convenablement diluées, sont sans action, aussi bien sur le contenu que sur les parois des cellules à suc clair, tandis qu'ils impressionnent plus ou moins vivement la plupart des éléments figurés des cellules de la première catégorie, parfois même aussi leur suc cellulaire, très rarement leurs parois cellulosiques (2).

Ce caractère différentiel s'accuse avec plus de netteté encore, si les coupes, préalablement traitées par le colorant bleu, sont ensuite mises au contact du réactif iodo-ioduré, d'où ressort une double coloration, exclusivement bleue pour

(1) On trouve dans le commerce, deux sortes de bleu d'aniline, l'une d'un ton verdâtre, l'autre tirant sur le violet. C'est de cette dernière sorte qu'il convient de se servir pour obtenir dans de bonnes conditions la réaction différentielle des deux sortes de cellules. La réation du bleu vert est beaucoup moins nette. Elle se rapproche de celles qu'on obtient, comme on le verra à l'instant, avec la solution aqueuse des autres couleurs d'aniline.

(2) Par exception, chez le Myrsine d'Afrique, le bleu d'aniline colore indifféremment les parois des deux sortes de cellules et le noyau seulement des cellules à plasma granuleux.

les cellules granuleuses, jaune ou brune pour les autres.

On peut substituer au bleu violet d'aniline et au bleu de méthylène, les solutions également aqueuses, très étendues, de rouge, de violet, de bleu vert d'aniline, d'éosine ou de violet de gentiane, mais avec des résultats beaucoup moins nets, par suite de la propriété que possèdent ces divers colorants d'agir aussi d'ordinaire, quoique moins énergiquement, sur le contenu des cellules à suc clair.

Il serait assurément téméraire d'exagérer la portée de cette action élective des réactifs colorants sur les deux sortes de cellules. Ne pourrait-on pas, cependant, en tirer, à titre d'hypothèse, quelques conclusions sur la constitution intime de leur utricule primordial, qui nous apparaîtrait ainsi comme étant de nature tout au moins partiellement protéique chez les cellules granuleuses adultes, protoplasmique chez les cellules à suc clair?

Enfin, en ce qui concerne l'ensemble des observations consignées sous les quatre numéros précédents, il est bien entendu qu'elles s'appliquent uniquement aux cellules vivantes des tissus parenchymateux, les seules dont nous ayons à nous occuper ici. — C'est ainsi que les cellules épidermiques mortifiées, de même que les cellules subéreuses, se colorent toutes indifféremment en présence des réactifs bleus. Il en est de même du suc épaissi de la plupart des cellules à cristaux (exception pour le Laurier-Rose).

Après avoir fait connaître le résultat de nos observations sur l'ensemble des phénomènes amylo-chlorophylliens pendant la période de formation, nous nous proposons d'en étudier maintenant les manifestations ultérieures dans l'ordre des temps, suivant le programme de notre avant-propos.

Pour faciliter cette étude, et dans le seul but d'éviter la répétition fréquente de qualifications complexes ou de périphrases qui allongeraient péniblement l'exposé des faits, je me vois forcé, malgré ma répugnance à surcharger de mots

nouveaux le vocabulaire déjà si compliqué du langage botanique, de proposer l'emploi d'une terminologie spéciale pour la désignation des deux sortes de cellules dont nous venons d'analyser les caractères différentiels, et des deux sortes de chloroplastides qui s'y trouvent réciproquement localisés.

Nous donnerons le nom de *cyanocystes* aux cellules de la première catégorie, à contenu colorable par les solutions aqueuses du bleu de méthylène et du bleu violet d'aniline, et nous appellerons *achroocystes* les cellules de la seconde catégorie, à contenu non colorable par les mêmes réactifs.

Quant aux plastides chlorophylliens, considérés dans leur ensemble, ce seront pour nous des *chlorites*, et j'en distinguerai de deux sortes : 1° ceux des cellules de la première catégorie (cyanocystes) qui se dégagent généralement de bonne heure de la couche protoplasmique où ils ont pris naissance, ce qui nous autorise à proposer pour eux le nom de *gymnochlorites*; 2° ceux des cellules de la seconde catégorie (achroocystes) qui restent, au contraire, indéfiniment engagés à l'intérieur de cette même couche, et seront conséquemment pour nous des *endochlorites*.

Cela bien convenu, avant d'aborder l'étude des phénomènes amylo-chlorophylliens pendant l'été et l'automne, ce à quoi sera consacrée la deuxième partie de notre mémoire, il nous reste à nous demander, ainsi qu'il a été annoncé plus haut, quelle peut être l'origine des granules ou corpuscules protéiques constamment rencontrés à l'extrémité du cône végétatif, et dont proviennent, suivant nous, tous les plastides chlorophylliens ou autres de la jeune tige.

Et d'abord, nous ne saurions y voir de simples granules amylacés, nés directement dans le protoplasme et qui se trouveraient dans un état de formation trop peu avancé pour se laisser impressionner par les réactifs de l'amidon. Nous avons montré, en effet, que ces granules présentent tous, au

début, la plupart des réactions caractéristiques des substances protéiques, notamment en présence de l'acide acétique qui les neutralise ou les détruit, et de la potasse qui les fait complètement disparaître.

Il ne saurait donc être question ici de l'évolution progressive d'une seule et même substance, mais bien de la transformation pour partie d'une substance en une autre, transformation qui s'opère, d'ailleurs, graduellement, comme on peut s'en assurer par l'observation des états successifs des organites considérés.

Nous ferons remarquer, d'autre part : 1° que les granules se montrent, au début, et continuent de se montrer assez longtemps après, en rapport constant avec les éléments protoplasmiques de la cellule, sans indice de l'intervention antérieure d'aucune autre sorte de substance de nature amylacée ou protéique ; 2° qu'ils ne se mettent visiblement en état de division qu'après avoir atteint un certain volume, comme M. Van Tieghem le reconnaît des leucites en général (1), et s'être plus ou moins imprégnés de pigment vert, ce qui exclut également toute idée qu'ils puissent provenir de la division de corpuscules préexistants ; 3° enfin, que nous verrons se différencier absolument de la même manière et sans doute possible, au cours de l'été, un certain nombre de plastides amylo-chlorophylliens ou simplement amylogènes, localisés, il est vrai, dans cette sorte de cellules que nous désignons sous le nom de cyanocystes.

De l'ensemble de ces observations semble résulter pour nous, à quelque époque qu'ils apparaissent, l'impossibilité de reconnaître aux granules ou corpuscules en question, aucun rapport génétique ou d'homologie, soit avec les plastides indéfiniment divisibles de M. Schimper, soit avec les corpuscules de formation régressive, pour lesquels M. Belzung avait d'abord proposé le nom d'*amylites*.

J'inclinerais plutôt à croire qu'ils proviennent, tantôt de

(1) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édit., p. 501.

l'évolution différentielle de granulations protoplasmiques préexistantes (gymnochlorites), tantôt, peut-être, de la différenciation actuelle et directe de particules spécialisées du protoplasme fondamental (endochlorites), toutes formations, du reste, auxquelles, dans l'un comme dans l'autre cas, il nous semble difficile de ne pas reconnaître une certaine analogie avec les granulations différenciées de M. Eberdt. On me permettra de faire remarquer, en terminant, que cette façon de voir ne paraît pas non plus s'éloigner beaucoup du système qu'exposait M. Belzung lui-même, lorsque, étudiant, en 1885, le développement de l'amidon dans le méristème terminal de la jeune racine du Lupin blanc, il y constatait la différenciation, au sein d'un protoplasme granuleux, jauni par l'iode, de certains granules, plus gros, bientôt transformés en leucites amylogènes (1).

M. Belzung ajoutait qu'il devait en être de même des chloroplastides de la tige (2), et, deux ans plus tard, il reconnaissait encore que, dans certains cas, il pouvait se faire que la matière amylacée imprégnât directement « les granulations albuminoïdes pour former les granules d'amidon » (3).

Il est vrai que, depuis lors, les opinions de M. Belzung à cet égard paraissent s'être sensiblement modifiées.

(1) Belzung, *Note sur le développement de l'amidon dans les plantules germant à l'obscurité* (Bull. Soc. bot. de Fr., 1885, p. 375).
(2) *Ibid.*, p. 377.
(3) *Op. cit.*, *Annales*, 7e série, t. V, p. 180, 198, 294.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTÉ ET AUTOMNE

CHAPITRE PREMIER

ENDO ET GYMNOCHLORITES

Nous avons constaté précédemment que l'amidon primordial, essentiellement transitoire, disparaît assez promptement de toutes les parties de la tige, à l'exception de l'endoderme où il persiste d'ordinaire en plus ou moins grande quantité pendant toute la période de régression temporaire. Nous savons, en outre, que cette substance se résorbe communément plus tôt dans les cellules à endochlorites, — ou achroocystes, — que dans les autres.

Une fois l'amidon résorbé, les chlorites achèvent de verdir et continuent encore de grossir, — un tiers environ en diamètre, comme il a été dit plus haut, — avant de passer à l'état adulte.

Vient alors le moment qu'il faut se hâter de saisir si l'on veut aborder utilement l'étude de la structure propre de ces organites et de leur morphologie comparée. Ils ne tarderont pas, en effet, à se charger de nouveau de grains d'amidon qui en modifieront sensiblement les allures et y laisseront, après la période de résorption automnale, des traces indélébiles de leur passage.

Nous commencerons cette étude par l'examen des caractères propres et différentiels de cette classe de chloroplastides que nous désignons sous le nom d'endochlorites.

I. — Endochlorites.

De structure en apparence homogène le plus souvent, manifestement granuleuse, — par réticulation, — chez certaines espèces (Petit-Houx, Aucuba, Fusain du Japon, etc.), les endochlorites, indéfiniment inclus dans la couche du plasma pariétal, affectent, en général, lorsqu'ils sont arrivés à l'état adulte, et avant toute apparition de l'amidon d'été, la forme d'une lentille à contours généralement bien réguliers, et étroitement appliquée par l'une de ses faces contre la paroi des cellules.

Ils sont, en général, doués d'une plus forte réfringence que les gymnochlorites, et peuvent d'ailleurs, comme eux, former simultanément ou successivement de l'huile (1) ou de l'amidon, n'en différant à ce dernier point de vue, comme nous le montrerons plus loin, que par la façon dont les granules d'amidon s'y forment et s'y résorbent tour à tour.

Les endochlorites ne se gonflent pas ou se gonflent à peine dans l'eau, au contraire de certains gymnochlorites que nous trouverons plus tard plus ou moins répandus dans les cyanocystes d'un assez grand nombre d'espèces.

Par contre, ils paraissent beaucoup mieux doués que les gymnochlorites en général, de certaines propriétés élastiques qui n'attendent, pour se manifester, que le temps où les chlorites des deux sortes commencent à fabriquer leur amidon d'été.

On voit, en effet, beaucoup d'endochlorites distendre alors leur couche périphérique pour se prêter à la croissance

(1) Dans certaines plantes les corps chlorophylliens contiennent des gouttelettes de matière grasse qui peuvent y être seules ou coexister avec l'amidon (Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 14), et qui, d'après Sachs (Lanessan, *La Botanique*, p. 261), proviendraient de la transformation de l'amidon naissant en huile. — Nous avons trouvé, au début de l'hiver, de nombreux exemples de la dégénérescence huileuse directe et immédiate de grains d'amidon adultes.

des granules amylacés formés dans leur intimité aux dépens de leur propre substance, d'où résulte parfois une disproportion sensible entre les dimensions initiales des plastides formateurs adultes, et celles qu'ils acquièrent finalement sous la poussée de l'amidon. Cette disproportion est surtout très accusée chez les endochlorites à grains d'amidon multiples ou composés, le complexe amylo-chlorophyllien se présentant volontiers alors sous forme d'une masse verdâtre, mamelonnée ou mûriforme, souvent assez volumineuse (Aucuba, Arbre de Judée, Charme, Fusain d'Europe, Laurier-Rose, Pêcher, Figuier, Lilas, Obier, etc., etc). (1)

Quel que soit d'ailleurs le maximum de croissance des granules d'amidon inclus, ils n'en restent pas moins le plus souvent entourés d'une couche plus ou moins mince, souvent peu visible, de substance albuminoïde.

Nous nous sommes précédemment expliqué sur la persistance de cette mince enveloppe autour des grains d'amidon formés dans les très jeunes plastides de la tige (amidon primordial). — (Voir plus haut, page 337). Le phénomène étant le même chez les endochlorites adultes en général, à toutes les phases ultérieures de production amylacée, nous n'avons pas à y revenir ici.

Il peut se faire cependant que la mince pellicule vienne à se rompre sous la poussée d'un grain d'amidon apparu immédiatement au-dessous de la surface du plastide, et qui, par suite de cette rupture, fait librement saillie au dehors (2), ou même que la pellicule finisse par se résorber entièrement, laissant ainsi à nu son enclave ou ses enclaves amylacées, ce qui se produit fréquemment dans la moelle, plus rarement dans les couches corticales internes de certaines espèces.

Pendant tout l'été, les chlorites des deux sortes conser-

(1) E. Mer, *La glycogenèse dans le règne végétal*, 3e partie (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1875, p. 149).

(2) Schimper, *Recherches sur l'accroissement des grains d'amidon* (Ann. Sc. nat. Bot., 6e série, t. XI, p. 256, et pl. X, fig. 1).

vent ou renouvellent incessamment leur amidon, sans altération essentielle de leurs caractères propres, bien qu'il devienne parfois difficile, au moment de la plus forte production amylacée, de les distinguer les uns des autres.

En automne, l'amidon estival venant à se résorber, les couches périphériques distendues se rabattent sur la masse centrale reconstituée de l'endochlorite, lequel apparaît alors toujours un peu diminué de son premier volume, — phénomène sur lequel nous reviendrons par la suite, — et souvent plus ou moins déformé, ce qui ne l'empêchera pas, au printemps prochain, de se remettre à fabriquer de l'amidon.

Rien de plus à dire des endochlorites. Nous passons à l'étude morphologique plus compliquée des gymnochlorites.

II. — Gymnochlorites.

Les gymnochlorites ou chlorites propres des cellules granuleuses (cyanocystes), sont loin de présenter cette remarquable uniformité de caractères dont nous venons de signaler la constance dans la grande généralité des endochlorites. Ils diffèrent de ces derniers et peuvent différer plus ou moins sensiblement entre eux, par certains détails de forme et de structure qui en déterminent les valeurs morphologiques respectives, et aussi par certaines propriétés physiques, telles que : élasticité moindre que celle des endochlorites sous la poussée de l'amidon, et aptitude très variable, chez beaucoup d'entre eux, à se gonfler dans l'eau.

I. Forme et structure. — A ce premier point de vue, les gymnochlorites des espèces ligneuses que j'ai plus spécialement étudiées, peuvent se répartir en quatre grandes catégories :

A. — Grains affectant une forme généralement lenticulaire, assez approchante de celle des endochlorites, mais généralement plus aplatis, à contours moins réguliers et de plus faible réfringence.

Coloration d'intensité variable, tantôt d'un vert clair (Charme, Noyer, Orme, Myrsine d'Afrique, Arbre de Judée, Chêne pédonculé, Sycomore, Groseillier, Cassis, Faux-Ébénier), tantôt d'une teinte plus sombre, les grains se marquant volontiers alors de stries, de fissures ou de petites plaques à reflet métallique (Épine-Vinette, Buis, Vigne-Vierge, Frêne, Lilas, Fustet, Vigne, Laurier-Tin, Poirier, Pommier, Rosier, Obier, Mûrier de Kaempfer, Tilleul).

Les gymnochlorites de cette sorte peuvent se rencontrer seuls dans telle ou telle espèce considérée, mais on les trouve souvent aussi associés, chez certaines espèces, à des chlorites de même nom se rattachant par certains caractères à l'une ou l'autre des catégories suivantes.

B. — Grains de constitution très analogue à celle des précédents, mais de formes irrégulières très variées et paraissant provenir, comme il a été dit plus haut, de l'évolution incomplète de certains plastides arrêtés dans leur croissance, lors de la résorption de l'amidon primordial. C'est ainsi qu'ils se montrent, tantôt creusés en anneau, tantôt courbés en faux, en croissant, en fer à cheval, en cornue, tantôt contractés en fuseau, et alors, soit isolés, soit accouplés en forme de navette ou de grain de blé, ou figurant enfin un V, lorsqu'ils ne se soudent ensemble que par l'une de leurs extrémités.

Ces sortes de grains ne se trouvent jamais seuls dans les cyanocystes d'une même espèce, mais toujours associés, dans les mêmes cellules ou dans des cellules distinctes, à des gymnochlorites de quelque autre série.

Les seules espèces où j'aie pu constater la présence constante de ces sortes d'organites, pour lesquels je proposerais volontiers le nom de grains-paillettes, sont les suivantes : Houx, Lierre, Laurier-Cerise, Vigne-Vierge, Noisetier, Sycomore, Orme, Poirier, Mahonia, Épine-Vinette, Vigne et Seringa.

C. — Grains généralement lenticulaires, finement ponctués, ce qui y décèle plus nettement que dans les variétés pré-

cédentes la structure réticulée fondamentale du substratum albuminoïde (Chèvrefeuille, Citronnier, Baguenaudier, Corète du Japon, Sumac glabre, Jasmin, Staphylier, Fusains d'Europe et du Japon, Pêcher, Alaterne, Marronnier, Laurier-Rose, Mahonia, Noisetier, Seringa), ou de structure plus lâche encore, se rapprochant de celle des grains de la série *D* (Houx, Lierre, Laurier-Cerise), — tous à peu près du même type ou associés à des grains-paillettes, chez ces trois dernières espèces, de même que chez le Mahonia, le Seringa et le Noisetier, — ou enfin, très généralement fusiformes (Gui), ou anguleux (Acacia).

D. — La structure réticulée ou spongieuse du corps chlorophyllien, assez facile déjà à reconnaître chez les gymnochlorites de la série précédente, acquiert plus de netteté encore chez ceux de l'Aristoloche, du Petit-Houx, du Genêt d'Espagne, de l'Aucuba, du Sureau et du Figuier.

Les détails en deviennent surtout facilement perceptibles lorsqu'on vient à examiner ces derniers organites sortis de la cellule et répandus dans l'eau de la préparation. Ils se présentent alors sous forme de masses sphériques, d'aspect spongieux, avec intercalation, dans les mailles du réticulum, de fines particules huileuses ou protéiques, celles-ci parfois même déjà amylacées, le tout plus ou moins pigmenté de vert, ce qui communique à l'ensemble du plastide sa coloration particulière. La solution aqueuse du bleu d'aniline colore assez vivement les particules de nature protéique; l'éther dissout les gouttelettes d'huile. Enfin, le réactif iodo-ioduré met très bien en évidence le réticulum et la membrane hyaline, très délicate, qui en délimite le contour.

On peut employer aussi l'essence de térébenthine, qui contracte légèrement les plastides et les réduit souvent même à l'état squelettique.

Outre les corps spongieux simples dont il vient d'être question, on trouve assez fréquemment, chez trois des espèces citées plus haut (Petit-Houx, Aucuba, Genêt d'Espagne), des gymnochlorites composés, c'est-à-dire formés de deux ou

trois grains simples soudés en une masse unique, de même structure spongieuse que ceux-ci, et se comportant de la même façon dans l'eau ou en présence des réactifs.

Enfin, il m'est parfois arrivé de rencontrer, chez le Figuier, l'Aucuba, le Genêt d'Espagne et le Sureau, de même que chez le Sumac glabre et l'Épine-Vinette, des sphères hyalines, à contours nets et réguliers, mais sans réticulum bien accusé, à l'intérieur ou contre les parois desquelles apparaissent un ou plusieurs corpuscules, généralement chlorophylliens, de grosseurs variées.

Je serais assez tenté de considérer ces sortes de formations comme le squelette de gymnochlorites spongieux incomplètement évolués, ou peut-être parvenus prématurément à un état assez avancé de dégradation.

II. Diffusibilité. — Je donne ce nom, faute de mieux et quoiqu'il ne soit pas toujours d'une rigoureuse exactitude, à la propriété dont sont doués les gymnochlorites d'un grand nombre d'espèces, de se gonfler plus ou moins en présence de l'eau, de manière à se réduire à un état de diffluence plus ou moins accusée, ou même de diffusion, tout au moins apparente, dans la cavité cellulaire.

Quoique bien connues dans leur ensemble, il ne sera pas, croyons-nous, inutile d'entrer ici dans quelques détails sur les manifestations diverses de ce phénomène, et sur les procédés techniques les plus propres à le mettre en évidence.

Série A. — Considérés à ce point de vue, les gymnochlorites de la série *A*, par lesquels nous commençons cette étude, peuvent se diviser en deux catégories :

1° Gymnochlorites peu sensibles ou même absolument insensibles à l'action de l'eau, et qu'on peut, à ce titre, qualifier de grains stables (Charme, Noyer, Orme, Chêne pédonculé, Laurier-Tin, Myrsine d'Afrique, Arbre de Judée, Pommier, Poirier, Obier, Rosier, Mûrier de Kaempfer).

2° Grains tous plus ou moins diffusibles dans l'eau (Épine-Vinette, Buis, Frêne, Lilas, Cassis, Groseillier, Vigne-Vierge, Vigne) ; — ou ordinairement associés, en propor-

tions variables, à quelques grains stables (Sycomore, Fustet, Tilleul, Faux-Ébénier).

Examinant la façon dont les gymnochlorites diffusibles de cette seconde catégorie se comportent en présence de l'eau, nous constaterons, tout d'abord, que c'est seulement à partir du moment où ils commencent à fabriquer leur amidon d'été qu'on voit se manifester en eux les premiers indices de leurs propriétés diffusives. Prenons pour exemple ceux du Faux-Ébénier, chez qui la proportion des gymnochlorites stables est trop faible pour qu'il y ait lieu d'en tenir compte.

Mis en présence de l'eau, dans le temps qui s'écoule entre la régression de l'amidon primordial et la formation de l'amidon d'été, les gymnochlorites du Faux-Ébénier se gonflent à peine, ce qui n'empêche pas de les distinguer assez aisément des endochlorites, d'après leurs caractères morphologiques et l'allure spéciale des cellules où ils sont localisés.

Attendons, au contraire, que l'amidon d'été ait envahi tous les tissus assimilateurs de la tige, et mettons en observation deux coupes, l'une placée dans l'eau, l'autre dans l'alcool à 70°; nous reconnaîtrons ainsi :

1° Que, dans la coupe traitée par l'alcool, les chlorites apparaissent tous à peu près sous le même aspect, très nettement individualisés, enfermant, sous une couche albuminoïde plus ou moins mince, les granules amylacés auxquels ils viennent de donner naissance;

2° Que, sous l'action de l'eau, il se produit, au contraire, une différenciation immédiate entre les deux sortes de chlorites.

Tandis que certains d'entre eux (endochlorites) restent parfaitement distincts, sans grandes modifications de forme ou de grosseur, dans la couche de plasma pariétal où ils sont inclus, on voit la plupart des autres (gymnochlorites non stables) se répandre aussitôt dans la cavité cellulaire sous forme d'un nuage verdâtre, très finement granuleux, et parsemé des grains d'amidon auxquels ils avaient

donné naissance et qui se trouvent ainsi mis en liberté.

C'est probablement sur l'examen de coupes ainsi observées dans l'eau, que s'est accréditée l'opinion, généralement admise, que les grains d'amidon accumulés en trop grand nombre dans l'intérieur des chlorites en général, se dégagent d'eux-mêmes de leur plastide formateur pour se répandre dans la cavité cellulaire, sans qu'il soit besoin pour cela de l'intervention d'aucune force extérieure.

Qu'il puisse en être ainsi dans certains cas, je suis loin de le nier. Nous avons vu précédemment (page 363), d'après M. Schimper, les granules d'amidon faire parfois saillie à la périphérie de certains chloroplastides, et nous savons, en outre, qu'ils peuvent même, dans certaines régions caulinaires, se dégager entièrement de leur enveloppe albuminoïde. Il me paraît néanmoins, d'après l'observation de nombreuses coupes traitées parallèlement, comme il vient d'être dit, par l'eau et l'alcool, qu'en réalité, les grains d'amidon formés dans les plastides chlorophylliens, à quelque catégorie que ceux-ci appartiennent, — endochlorites ou gymnochlorites, — y restent assez ordinairement inclus jusqu'au moment de leur résorption, et ne peuvent guère s'en dégager que sous l'action de l'eau.

Ce qui a pu donner créance à l'opinion contraire, c'est ce fait que, pendant toute la période de végétation active, on trouve très fréquemment, associés aux gymnochlorites, dans les cellules où ils se localisent, de petits grains d'amidon incolores ou plus ou moins teintés de vert, dont il semble assez naturel, au premier abord, de chercher l'origine dans certains plastides préexistants d'où ils auraient été expulsés, tandis que nous croyons y voir le produit incessant d'un phénomène de *formation libre*, sur lequel nous aurons à nous expliquer par la suite.

Que si maintenant, complétant l'étude des propriétés diffusives de certains chloroplastides, et pour achever la démonstration, au lieu d'employer simplement l'eau distillée, nous venons à traiter les coupes par la solution aqueuse du

bleu violet d'aniline, nous reconnaîtrons sans peine que l'eau n'a eu d'effet que sur les seuls gymnochlorites, puisque les cellules où se produit la diffusion sont les seules aussi dont le contenu s'est laissé impressionner par le réactif (cyanocystes).

Mêmes conclusions à tirer des observations suivantes :

1° Je traite par la solution aqueuse de violet de gentiane une coupe préalablement passée par l'alcool absolu. Les chlorites des deux sortes, fixés et légèrement contractés par l'alcool, se colorent tous de même, sans aucune modification bien sensible de forme.

2° Que si la coupe a d'abord été mise au contact de l'eau, le violet de gentiane, après traitement par l'alcool, n'aura plus d'action que sur les endochlorites, par suite de l'état de diffusion auquel l'eau a réduit tout le contenu chlorophyllien des cyanocystes.

Les phénomènes de diffusibilité dont nous venons d'étudier les effets, continuent de se produire de diverses façons, en hiver, après la disparition totale ou partielle de l'amidon, pour aboutir, au printemps, chez beaucoup d'espèces, à une nouvelle phase de stabilité relative. Nous reviendrons en temps opportun sur la suite de ces phénomènes.

Passant maintenant à l'étude des gymnochlorites *stables* de la série *A*, n° 1, et n° 2 *pro parte*, nous reconnaîtrons aisément, par les mêmes procédés, qu'en effet, non seulement ces sortes de chlorites ne se gonflent pas sensiblement dans l'eau après la résorption de l'amidon primordial, — caractère qui leur est commun avec les gymnochlorites à diffusion tardive de la même série, — mais, qu'au contraire de ces derniers, ils continuent de se montrer plus ou moins réfractaires à son action, au moment même de la plus forte production amylacée.

Parvenus à cette phase de leur évolution, l'eau les décolore un peu, mais sans en pénétrer la substance, comme on peut s'en rendre compte par ce fait que leurs granules d'amidon continuent, en présence des réactifs aqueux, d'adhérer entre

eux dans chaque chlorite, sans se désagréger pour se répandre, comme ceux des chlorites diffusibles, avec les granulations chlorophylliennes elles-mêmes, dans la cavité cellulaire.

Série B. — Les gymnochlorites de la série *B*, ou grains-paillettes, nous ont paru se comporter de la même façon que les gymnochlorites diffusibles de la série précédente, c'est-à-dire que, peu sensibles à l'action de l'eau, dans les premiers temps de leur évolution, ils ne commencent à s'en laisser pénétrer qu'à partir de l'apparition de l'amidon d'été. Par la suite, une fois cet amidon résorbé, et comme conséquence probablement du travail d'élimination de cette substance, il devient d'ordinaire très difficile de les distinguer de certains corps chlorophylliens très dégradés, qu'on rencontre en tous temps, sous forme de corpuscules granuleux verts, mal définis, associés, en proportions variables, aux gymnochlorites d'un assez grand nombre d'espèces (Acacia, Sycomore, Arbre de Judée, Frêne, Fusain d'Europe, Lilas, Poirier, Staphylier, Obier, etc.).

Quelle qu'en puisse être l'origine, ces derniers organites se rapprochent sensiblement des simples granulations vertes, dernier terme de la dégradation chlorophyllienne, qu'on rencontre, sans mélange d'aucune sorte de véritables chloroplastides, dans quelques rares cellules de certaines espèces, parmi lesquelles je citerai : le Sycomore, l'Arbre de Judée, le Faux-Ébénier, le Figuier, le Frêne, les Fusains d'Europe et du Japon, le Houx, le Laurier-Cerise, le Corète du Japon, le Pommier et le Sureau.

Ces sortes de cellules rentrent, comme les précédentes, dans la catégorie des cyanocystes, dont elles présentent toutes les réactions, et leur différenciation s'accuse le plus souvent d'assez bonne heure pour qu'il soit impossible de considérer leur façon d'être comme un simple phénomène consécutif de la désagrégation de certains gymnochlorites préexistants.

Série C. — On vient de voir que les propriétés diffusives

dont sont doués les gymnochlorites des séries *A* n° 2, *pro parte*, et *B*, ne se manifestent d'une façon sensible qu'à partir du moment où ces mêmes organites se mettent à fabriquer leur amidon d'été.

C'est, au contraire, de très bonne heure, presque au sortir du stade de formation, que l'eau commence à agir plus ou moins énergiquement sur la plupart des gymnochlorites à structure granulée de la série *C*, les gonflant souvent assez pour mettre en confluence des grains normalement assez espacés les uns des autres. La diffusion complète est plus rare. — Mélange assez fréquent de grains plus ou moins stables chez certaines espèces : Fusain du Japon, Laurier-Rose, Laurier-Cerise, Marronnier, Pêcher, Alaterne, Houx, Lierre, Noisetier, etc.

Série D. — Phénomènes analogues ou plus accusés encore, au point de vue de la confluence, chez les gymnochlorites plus franchement spongieux de la série *D*. Il est assez aisé d'en suivre les différentes phases chez le Figuier, par exemple, dont les gymnochlorites, observés dans les très jeunes entre-nœuds encore en voie de croissance, se dilatent sensiblement dès qu'ils viennent au contact de l'eau, tandis que les enclaves protéiques ou huileuses de leur squelette réticulé se répandent autour d'eux en façon d'auréole, et que leur mince pellicule d'enveloppe s'estompe à tel point qu'elle demeure indistincte sans l'emploi des réactifs appropriés (notamment iodo-iodure de potassium).

Dans la tige adulte, on voit constamment les gymnochlorites des deux mêmes séries, chargés ou non d'amidon, continuer de se gonfler, pour la plupart, en présence de l'eau, de manière à se mettre dans un état plus ou moins accusé de diffluence individuelle et de confluence réciproque, tournant parfois, surtout en hiver (série *C*), à un état de plus complète diffusibilité.

Si nos observations sont exactes, il résulterait donc de ce qui précède, qu'au point de vue des phénomènes de la diffusibilité, les gymnochlorites, pris dans leur généralité,

peuvent être répartis en trois catégories principales, avec nuances intermédiaires : grains stables (série *A* n° 1, et n° 2, *pro parte*); grains diffusibles (série *A* n° 2 *pro parte*, et série *B*); grains diffluents passant parfois au type diffusible (séries *C* et *D*).

Dès l'année 1855 (1), H. Mohl, étudiant la structure des grains de chlorophylle, en avait reconnu de deux sortes, bien tranchées dans leurs formes extrêmes, mais passant l'une dans l'autre par de nombreux intermédiaires, les uns globuleux ou aplatis, sensibles à l'action de l'eau qui agit sur eux très rapidement, en les gonflant, disait-il, en vésicules et rendant leurs granules intérieurs plus visibles (2), les autres, souvent plus gros que les précédents, remplis d'amidon, et sur lesquels l'eau n'a d'autre action que de rendre plus transparent le contour de leur fécule.

Dans un travail de date plus récente sur la constitution des chromatophores (3), M. Hans Bredow, suivant d'ailleurs, en cela, l'opinion de MM. Pringsheim (4) et Tschirch, reconnaît que les grains de chlorophylle sont formés d'un réseau spongieux, et fait remarquer, en outre, relativement à leur force de résistance à l'eau, que les uns sont rapidement détruits dans ce liquide et amenés à l'état vacuolaire, tandis que les autres, au contraire, résistent même à l'action de réactifs énergiques.

Il ne paraît pas que, ni H. Mohl, ni M. Bredow, aient soupçonné qu'on pût reconnaître quelque règle d'ensemble sur le mode de répartition ou de localisation dans les

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1855, R. B., p. 118. — Voy. aussi Duchartre, *Elém. de Bot.*, 3e édit., p. 125.

(2) C'est évidemment à cette sorte de chlorophylle que s'applique la définition trop généralisée de M. de Lanessan, reconnaissant à l'ensemble de ces organites la propriété de se creuser, en présence de l'eau, de vacuoles qui se gonflent en forme de vésicules hyalines, et continuent de rester entourées de protoplasma imbibé de pigment vert (Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 14).

(3) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1891, R. B., p. 50.

(4) Pringsheim, *Recherches sur la chlorophylle* (Rev. intern. des Sc. biol., 15 octobre 1882, p. 290).

tissus végétaux, de ces deux sortes de grains de chlorophylle. Or, je crois avoir fait faire un pas à l'étude circonstanciée de ces organites, en montrant à mon tour :

1° Que les chlorites stables ou très peu sensibles à l'action de l'eau, peuvent se rencontrer indifféremment dans les achroocystes ou cellules à suc clair, qui n'en contiennent jamais d'autres (endochlorites), et aussi dans les cellules granuleuses ou cyanocystes de certaines espèces seulement (gymnochlorites *pro parte*) ;

2° Qu'il y a lieu conséquemment de distinguer deux sortes de gymnochlorites, selon qu'ils se comportent dans l'eau comme les endochlorites toujours stables, ou qu'ils se montrent, au contraire, réductibles par l'eau à l'état vésiculeux, ou diffusibles ;

3° Que les propriétés diffusives de ces derniers organites peuvent varier d'intensité chez les diverses espèces, et, de plus, ne pas se montrer toujours identiques à elles-mêmes, chez une espèce donnée, aux diverses phases de l'évolution végétative ;

4° Que c'est chez les espèces à diffluence constante des séries *C* et *D* que la structure réticulo-spongieuse des grains de chlorophylle en général s'accuse avec le plus de netteté ;

5° Que l'amidon, contrairement à ce que semble avancer H. Mohl, peut se former aussi bien dans ceux de ces grains que l'eau réduit à l'état vésiculeux que dans les autres.

Avant de quitter l'étude des gymnochlorites, nous croyons devoir rappeler ce qui a été dit précédemment, touchant le peu d'élasticité de ces sortes d'organites, et leur indépendance finale par rapport à la couche de plasma pariétal ou nucléaire où ils ont pris naissance, double circonstance d'où résulte : 1° que leurs granules amylacés restent généralement plus petits que ceux des endochlorites ; 2° qu'ils se montrent plus susceptibles que ceux-ci de variations dans leurs différents modes de répartition à l'intérieur de la cavité cellulaire.

Espèces a suber interne. — Les phénomènes de l'évo-

lution amylo-chlorophyllienne se présentent, chez les espèces à suber interne (Berberis, Mahonia, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Seringa, Vigne, Cassis, Groseillier), dans des conditions spéciales qui nous imposent l'obligation de les étudier séparément : 1° dans l'écorce primaire; 2° dans les régions immédiatement subordonnées au suber : péricycle, phelloderme, rayons libériens.

1° *Écorce primaire.* — Nous n'avons pas d'observations morphologiques spéciales à présenter sur les endochlorites de l'écorce primaire chez les espèces à suber interne, non plus que sur leurs gymnochlorites en général, lesquels peuvent rentrer indifféremment, suivant les espèces considérées, dans l'une quelconque des trois séries *A*, *B* et *C*, considérées plus haut.

Il n'y a pas lieu d'insister à cet égard. C'est à un autre point de vue que l'étude de la chlorophylle doit nous intéresser ici.

On verra plus loin quel est le rôle très effacé de l'amidon dans l'écorce primaire de la plupart des espèces à suber interne, c'est-à-dire dans une région dont la chlorophylle, par suite de la prompte mortification de cette écorce, s'éteint de très bonne heure, le plus souvent sans y pouvoir passer par une seconde phase de production amylacée.

Cette résorption de la substance chlorophyllienne s'opère ici dans des conditions d'observation tellement favorables à l'étude du phénomène, que nous croyons devoir nous en occuper un instant.

Chez le Chèvrefeuille, aussitôt l'amidon résorbé, on voit les deux sortes de chlorites pâlir peu à peu et s'effacer lentement, en laissant contre les parois des cellules une empreinte granuleuse qui persiste, assez visible, jusqu'à complète mortification de ces dernières.

Chez le Seringa, le Mahonia et l'Épine-Vinette, la dissolution des corpuscules chlorophylliens paraît s'opérer, au contraire, de façon différente, selon qu'elle se produit dans l'une ou dans l'autre des deux sortes de cellules. Il nous a

semblé que leurs gymnochlorites se décolorent peu à peu, comme les chlorites en général du Chèvrefeuille, en laissant également contre les parois un résidu lentement évanescent, tandis que les endochlorites diminuent peu à peu de volume, en s'amassant ordinairement autour du noyau atrophié, et finissent par se résoudre, avant disparition totale, en autant de petits amas granuleux mal définis.

Peut-être serait-il téméraire de catégoriser trop strictement les deux modes de réduction que nous venons d'analyser, selon les diverses espèces où nous les signalons. — Chez le Cassis, nous avons vu les choses se passer tantôt d'une façon, tantôt de l'autre (4 juin 1890).

Un caractère commun aux deux sortes de chlorites est de montrer alors une tendance marquée à se charger de gouttelettes huileuses.

La formation du suber est plus tardive chez la Vigne que chez les espèces précédentes. L'écorce primaire y reste conséquemment plus longtemps vivante, ce qui permet à l'amidon d'y reparaître en été, et de s'y maintenir en plus ou moins grande abondance jusqu'à la fin d'août ou au commencement de septembre. Une fois disparu (septembre — octobre 1892), les chlorites se mettent à pâlir lentement; ils diminuent peu à peu de grosseur en fabriquant de l'huile comme ceux des autres espèces, après quoi ils se groupent en paquets et achèvent de se dissoudre (1).

2° *Régions subordonnées au suber.* — Les plastides amylo-chlorophylliens sont ordinairement très abondants dans les régions péricycliques ou phellodermiques des espèces à suber interne, se répandant souvent de là jusque dans les rayons libériens. Mais, ici encore, il y a lieu de distinguer entre les endochlorites, lesquels s'y chargent volontiers de gros

(1) A rapprocher de ces observations sur la destruction des grains de chlorophylle dans l'écorce primaire des espèces à suber interne, celles de M. E. Mer, sur *Les phénomènes végétatifs qui précèdent ou accompagnent le dépérissement et la chute des feuilles* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1876, p. 176 et 177), et celles de M. Haberlandt : *De l'influence du froid sur les grains de chlorophylle* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1877, R. B., p. 148).

grains d'amidon, comme ceux de ces organites qui se localisent dans l'endoderme des espèces à suber interne, — et les gymnochlorites qui, tout au moins dans les couches profondes des mêmes régions, apparaissent le plus souvent sous forme de petites masses granuleuses, faiblement pigmentées de vert, et fréquemment associées à des plastides amylacés incolores, assez mal définis, ces deux sortes de corpuscules se montrant, d'ailleurs, tantôt stables, tantôt plus ou moins susceptibles de se gonfler ou de se diffuser dans l'eau.

Point de chlorites proprement dits dans le parenchyme des faisceaux libériens, — ce qui est, du reste, assez général, — mais de simples granules protéo-amylacés incolores et le plus souvent très ténus.

On voit par ce qui précède, qu'à partir de l'évolution du liège, chez la plupart des espèces à suber interne, — assez tardivement chez la Vigne, — les régions qui lui sont immédiatement subordonnées se trouvent ainsi substituées, dans leur rôle physiologique, aux couches corticales externes et surtout à l'endoderme, qu'elles suppléaient déjà, pour partie, au temps de la première période de végétation.

Nous réservons pour la suite de ce mémoire quelques observations complémentaires sur l'amidon et la chlorophylle considérés spécialement dans l'endoderme et la moelle, et nous terminons le présent chapitre par une remarque qui s'applique, dans sa généralité, à l'ensemble des plastides caulinaires. Elle est relative au peu d'action de la lumière, au cours de l'été, sur l'orientation de ces mêmes plastides, lesquels, pour la plupart, apparaissent alors, à toute heure, plus ou moins régulièrement répartis, aussi bien contre les parois radiales que contre les parois antéro-postérieures des cellules, sans qu'on y puisse percevoir aucun mouvement bien accusé de translation d'un lieu à un autre, en correspondance avec les changements d'incidence des rayons lumineux (1).

(1) Sur les mouvements provoqués par la lumière chez les chlorites de

CHAPITRE DEUXIÈME

AMIDON ESTIVAL

Je désignerai sous le nom d'amidon estival ou d'été, l'amidon qui se forme dans les jeunes tiges de la plupart des végétaux ligneux, à la fin du printemps ou au commencement de l'été, et s'y maintient en plus ou moins grande abondance jusqu'au moment de sa résorption, totale ou partielle, suivant les espèces, aux approches de l'hiver.

Dans ce nouvel ordre de faits nous aurons à nous demander, dans une première section :

1° A quelle phase de végétation et à quel niveau l'amidon d'été fait généralement son apparition dans la tige pour s'y répandre ensuite en direction verticale ;

2° Quel est l'ordre de progression de ce même amidon en direction horizontale dans les différentes régions caulinaires ;

3° Comment et dans quel ordre les granules d'amidon, considérés individuellement, se forment et se développent dans les plastides adultes, chlorophylliens ou autres.

Une seconde section sera consacrée à l'étude de la résorption : 1° collective ; 2° individuelle de ces mêmes granules.

I. — Formation de l'amidon d'été.

A. Marche progressive verticale et époque de formation de l'amidon d'été. — Rappelons tout d'abord, qu'après une phase, généralement très courte, de production intense dans les très jeunes tissus de la tige en croissance, l'amidon disparaît entièrement de celle-ci, à l'exception de l'assise ou de la région endodermique où il se main-

l'appareil foliaire, voy. Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 5, et *Annales*, 5e série, t. VII, p. 203, et t. XII, p. 802.

tient d'ordinaire en plus ou moins grande abondance, tout au moins chez les espèces à suber externe, pendant toute la période de la régression temporaire.

Je dis : d'ordinaire, parce qu'il peut se faire que l'amidon vienne à disparaître de cette assise elle-même, lorsque la croissance est très vigoureuse, comme j'en ai trouvé des exemples chez le Sureau (4 août 1892), le Fusain d'Europe (7 septembre 1895), le Frêne (20 mai 1897), etc., etc.

Le niveau de résorption de l'amidon primordial n'est pas toujours le même, ce qui peut dépendre, aussi bien de certaines prédispositions spécifiques qu'il serait, d'ailleurs, assez difficile de déterminer, que de variations individuelles dans les conditions de plus ou moins grande activité végétative de la plante. On a montré précédemment qu'il s'établit, en général, à la hauteur des entre-nœuds de plus forte croissance.

Le mot de niveau n'est pas, du reste, ici d'une rigoureuse exactitude, puisqu'il y a lieu de remarquer que la résorption ne s'opère alors, ni simultanément dans toute l'épaisseur de la tige, l'amidon se maintenant plus longtemps d'ordinaire dans les régions périmédullaires et endodermiques, de même qu'il y était apparu tout d'abord en plus grande abondance, — ni indifféremment dans toutes les cellules d'une même région, puisque nous savons déjà que c'est dans les achroocystes que commence généralement à se produire alors le travail d'élimination de la substance amylacée.

La première réserve épuisée, cette même substance est employée directement, pendant quelque temps, sans passer, comme au début, par l'état figuré, à l'élaboration des tissus caulinaires. Après quoi l'amidon reparaît.

De même que pour la résorption de l'amidon primordial, l'époque et le niveau de formation de l'amidon d'été peuvent varier d'une espèce à l'autre, ou bien dépendre, chez les individus de la même espèce, de différences également individuelles dans leurs conditions de végétation.

D'une façon générale on peut considérer : 1° que son

apparition est d'autant plus tardive que l'on a affaire à une pousse plus vigoureuse ; 2° qu'il ne commence à se former que dans les entre-nœuds dont la croissance en longueur est arrêtée ou tout au moins sensiblement ralentie, pour atteindre plus ou moins tôt son maximum de production à partir du moment où le cône végétatif se met lui-même en repos.

C'est donc dans les entre-nœuds inférieurs que l'amidon estival se forme tout d'abord ; il progresse ensuite assez régulièrement en direction basifuge, — plus abondant d'ordinaire à la hauteur des nœuds, (1) — pour venir enfin se confondre, lors de l'arrêt total de croissance, avec l'amidon primordial, lui-même persistant un sommet de l'axe.

Chez le Marronnier d'Inde, espèce à croissance très rapide et promptement arrêtée, l'amidon commençait seulement à paraître, le 25 mai 1894, à la base d'une jeune pousse déjà presque arrivée à son maximum de longueur. Le 9 juin de l'année suivante, j'observe une branche (même espèce) qui a fini de s'allonger, et est en grande partie lignifiée; je la trouve remplie de grains d'amidon en nombre d'autant plus grand, et d'autant plus volumineux, qu'on se rapprochait davantage de la base. Ils s'y maintiennent en progression constante jusque vers le milieu de septembre, époque où les phénomènes de la résorption automnale commencent à se manifester.

Et de même pour chaque espèce, toutes proportions gardées, relativement au temps plus ou moins prolongé de la période normale de croissance.

Il y a pourtant des exceptions. Ainsi, je trouve, à la date du 9 juillet 1895, et j'avais déjà observé deux ans auparavant (17 mai 1893), des branches de Laurier-Rose de consis-

(1) M. Mer constate qu'à l'arrière-saison on trouve plus d'amidon au niveau des nœuds que dans les entre-nœuds et le pétiole, et qu'il s'y accumule d'autant plus volontiers que les bourgeons qui y correspondent sont plus volumineux. — E. Mer, *Des phénomènes végétatifs qui précèdent ou accompagnent le dépérissement et la chute des feuilles* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1876, p. 187). — Voy. aussi : E. Mer, *De la répartition de l'amidon dans les rameaux des plantes ligneuses* (Bull., 1879, p. XLVIII).

tance encore herbacée et achevant à peine leur évolution, dans lesquelles l'amidon se montrait, au contraire, en égale quantité sur toute la longueur de la pousse, et en grains plus volumineux au sommet qu'à la base.

Suivent quelques indications sur le temps moyen de l'apparition de l'amidon d'été chez les diverses espèces.

De même que chez le Marronnier, je l'ai vu se former communément dès la fin de mai ou le commencement de juin, et se montrer abondant en juillet, dans la tige de l'Obier, du Sureau, du Lilas, du Tilleul et du Fusain d'Europe. Son apparition est un peu plus tardive chez les espèces suivantes où on le trouve presque partout à l'état naissant, du commencement de juin à la fin de juillet : Acacia, Sycomore, Arbre de Judée, Vigne-Vierge, Faux-Ébénier, Frêne, Noisetier, Pêcher, Poirier, Pommier, Sumacs glabre et vénéneux, Fustet, Rosier, Staphylier.

Il se forme plus tard encore chez l'Orme, le Noyer, le Fusain du Japon, le Chêne pédonculé, et surtout chez le Charme, où nous savons que l'amidon primordial fait toujours absolument défaut, et dont la tige, le 30 juillet 1895, ne présentait encore aucune trace de l'amidon d'été, en dehors de la moelle et de l'endoderme.

A la même époque l'amidon est encore cantonné, chez le Mûrier de Kaempfer, dans quelques rares cellules de l'endoderme, et ce n'est que dans le courant d'août ou au commencement de septembre qu'on le voit apparaître, en quantité appréciable, chez certaines espèces : — à feuillage persistant, comme le Buis, le Citronnier, le Chalef à rameaux réfléchis, — — à tiges succulentes comme le Figuier, — ou longtemps vertes et de consistance quasi-herbacée, comme celles de l'Aristoloche, du Jasmin officinal, du Corète du Japon et du Genêt d'Espagne.

Assez abondant, dès la fin de juin, dans la tige de l'Aucuba, l'amidon ne s'y maintient guère, passé le milieu de septembre. Il apparaît tardivement dans celle du Houx, y reste disséminé en très petite quantité pendant une partie

de l'automne, et s'y résorbe assez promptement pour reparaître, beaucoup plus abondant, lors de la rénovation printanière.

Je le trouve de même en quantité infinitésimale, au mois d'août, tantôt dans la moelle, tantôt dans les couches corticales internes des jeunes pousses du Gui, où nous le voyons également se former en plus grande abondance, au cours de la seconde et surtout de la troisième année (septembre 1898).

Enfin, sauf dans les stomates, je n'en ai plus rencontré de traces, une fois l'amidon primordial résorbé, à aucune époque, ni dans aucune partie de la tige, chez le Petit-Houx, la seule Monocotylédone ligneuse de nos régions (1).

C'est donc, en général, aux mois d'août et de septembre que l'amidon estival atteint, chez la plupart des espèces ligneuses, son maximum de production (2). N'étant plus employé, alors, qu'en faible proportion à l'édification des nouveaux tissus, il s'emmagasine en partie dans la tige, comme un aliment de réserve destiné à participer par la suite, non pas directement, ainsi qu'on l'a cru longtemps, au travail de régénération printanière, dont nous aurons plus tard à étudier les effets, mais bien à l'élaboration des diverses substances qui entretiendront la vie latente ou ralentie de la plante, pendant la période du repos hivernal.

Toutes faites sur de jeunes pousses provenant de bourgeons formés sur des branches d'un an, il va sans dire que

(1) On connaît un certain nombre de plantes (Orchis, Laitue, Asphodèle, Ail, Bananier, Strélitzia, etc., etc.), qui ne contiennent pas d'amidon ou ne se mettraient, du moins, à en fabriquer que dans des conditions d'assimilation tout particulièrement énergiques. — Voy. Pringsheim, *Revue internationale des sciences biologiques*, 15 octobre 1882, p. 315 et 316, et Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édit., p. 183. — Il serait intéressant de rechercher si, comme chez le Petit-Houx, l'amidon n'apparaît pas, du moins, d'une façon plus ou moins fugitive, dans le cône végétatif des mêmes espèces.

(2) C'est pendant la période comprise « entre le moment où le bourgeon terminal s'est formé et le commencement de l'automne, que les tissus sont le plus riches en amidon, parce que la formation est encore très active, tandis que la consommation a déjà considérablement diminué ». — E. Mer, *De la répartition de l'amidon* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1879, p. XLVII).

les observations précédentes ne conduisent qu'à des résultats approximatifs ; nous indiquons des moyennes, tout en reconnaissant qu'elles peuvent se trouver singulièrement modifiées, selon le plus ou moins de vigueur des tiges observées, soit qu'on les ait coupées sur le même pied ou sur des pieds différents.

Ainsi, le 10 juillet 1895, j'observe simultanément deux pousses d'Orme, dont l'une continue de s'allonger encore, tandis que l'autre est complètement lignifiée, et son cône végétatif passé à l'état de repos. Dans la première, l'amidon d'été commence seulement de se former au niveau des entre-nœuds inférieurs, et c'est à peine s'il reste encore, un peu plus haut, dans l'endoderme, quelques traces de l'amidon primordial. Dans la seconde, au contraire, l'amidon se montre partout à l'état naissant, et en grains d'autant plus volumineux qu'on se rapproche davantage de la base.

Observations analogues, vers la même époque, sur des pousses plus ou moins avancées de Frêne, de Poirier, d'Acacia, etc. Inutile de multiplier les exemples.

L'apparition de l'amidon d'été est naturellement plus tardive chez les pousses provenant de l'évolution de ces sortes de bourgeons qui se développent normalement, au cours de l'été, à l'aisselle des jeunes branches de l'année, chez certaines espèces, telles que la Vigne, le Sycomore, etc., etc., ou dont la croissance peut être provoquée artificiellement, chez beaucoup d'autres, par l'ablation du sommet de la branche mère.

Il en sera de même chez les pousses de recepage, toujours beaucoup plus vigoureuses, à évolution plus prolongée, et qui se lignifient plus tardivement, comme je l'ai fréquemment observé, notamment chez le Lilas, l'Obier et le Sureau.

Dans les pousses florifères, l'amidon estival ne commence généralement à se former qu'après la floraison passée, de même qu'une fructification très abondante fait disparaître

l'amidon du vieux bois, comme R. Hartig l'a constaté pour le Hêtre, et M. Mer, pour l'Orme, le Mirabellier et le Frêne (1).

Donc, rien d'absolu en ce qui concerne le temps de l'apparition et la marche ascensionnelle de l'amidon dans les jeunes tiges. Ici encore, il y a lieu de tenir grand compte, indépendamment des prédispositions spécifiques, qui sont incontestables, des variations climatologiques ou atmosphériques qui peuvent, d'un lieu à un autre, ou, dans le même lieu, d'une année à l'autre, modifier plus ou moins les allures des phénomènes.

Il y aurait des observations intéressantes à faire à ce sujet, mais qui devraient se continuer pendant de longues années, et pour lesquelles il serait peut-être difficile de trouver un criterium suffisant de sensibilité.

M. E. Mer a remarqué que les pluies prolongées ralentissent la formation de l'amidon dans les feuilles, ce dont il trouve la cause dans l'abaissement de la température et l'affaiblissement de la radiation solaire (2).

J'ai observé de même, qu'au 1er octobre 1896, à la suite de temps froids et humides, l'amidon avait presque entièrement disparu de la tige du Jasmin et du Lierre, et qu'on le trouvait en forte diminution, à la même époque, dans celles du Tilleul, du Sureau, du Sumac glabre, de l'Arbre de Judée et du Fusain du Japon. Mais il est intéressant de constater que de longues sécheresses peuvent produire le même effet.

C'est ainsi qu'en août et septembre 1893, à la suite de sécheresses prolongées, j'ai reconnu : 1° que l'amidon avait presque entièrement disparu de la tige du Fusain d'Europe, du Sycomore et surtout du Sumac glabre, où l'on n'en trouvait plus alors qu'une très minime quantité dans l'endoderme et le parenchyme libérien ; 2° que les granules d'a-

(1) E. Mer, *Influence de l'état climatérique sur la croissance des Sapins* (Journ. de Bot., 1895, p. 233).

(2) *C. R. Acad. des sciences*, 4 février 1895. — *Feuille des Jeunes Naturalistes*, même année, p. 96.

midon, encore assez abondants chez le Frêne et le Sureau, y avaient néanmoins sensiblement diminué de grosseur ; 3° que les grains de chlorophylle eux-mêmes présentaient alors des signes évidents de profonde altération chez plusieurs de ces espèces, ne formant plus parfois, chez le Sureau par exemple, qu'une sorte de résidu granuleux.

Chez le Staphylier, le 19 septembre de la même année, les grains d'amidon avaient aussi beaucoup diminué de grosseur et de nombre ; les angiochlorites apparaissaient réduits de volume, pâles, peu visibles.

Les choses restèrent en cet état jusque vers le milieu d'octobre, où l'on vit, chez cette dernière espèce, comme chez les autres, à la suite de quelques jours de pluie, les chlorites de toute sorte reprendre leurs allures normales et se mettre de nouveau à fabriquer de l'amidon.

Notons en passant que c'étaient là des circonstances éminemment favorables, — et j'en ai largement profité, — pour l'étude, soit de la formation des grains d'amidon dans la généralité des chloroplastides, soit du phénomène de la *formation libre* dont il a déjà été question, et sur lequel nous reviendrons par la suite.

Semblables observations en septembre 1895, où j'ai pu constater qu'à la suite d'une longue période de sécheresse, les grains d'amidon avaient presque complètement disparu de la tige du Fusain d'Europe, y compris l'endoderme lui-même ; qu'ils avaient partout diminué de nombre et de grosseur chez le Poirier, le Tilleul, le Sycomore, le Lilas et l'Acacia, et qu'ils étaient en résorption plus ou moins avancée dans l'écorce du Pêcher, du Pommier, du Corète du Japon, de l'Orme et du Staphylier, — dans l'écorce et dans l'étui médullaire ou couronne de l'Obier et du Sureau, — dans la couronne du Genêt d'Espagne, et, enfin, dans le péricycle du Baguenaudier et du Chèvrefeuille.

A la même époque, chez le Mahonia, l'amidon, encore assez abondant dans la moelle, avait complètement disparu du péricycle, puis, la sécheresse persistant jusqu'au 2 octo-

bre, jour où survint une pluie abondante, dès le lendemain je ne trouve plus, dans la moelle et les rayons ligneux, que quelques grains d'amidon très ténus, tandis qu'ils réapparaissaient en grand nombre, à l'état naissant, dans les régions plus extérieures encore vivantes de la tige.

On ne saurait donc mettre en doute que la sécheresse, aussi bien que l'humidité prolongée, peut exercer, chez beaucoup d'espèces, une action déprimante, plus ou moins accusée, sur la production de l'amidon caulinaire. Seuls, parmi les plantes étudiées à ce point de vue, le Frêne, le Groseillier, le Cassis, l'Arbre de Judée, le Faux-Ébénier, l'Épine-Vinette et la Vigne, nous ont paru y rester à peu près insensibles.

Nous terminerons ce paragraphe par une observation qui peut avoir son intérêt, à savoir : que le phénomène de la résorption nocturne de l'amidon dans l'appareil foliaire, — résorption partielle, d'ailleurs, ou même parfois nulle, d'après M. Belzung (1), — ne nous a point paru avoir de répercussion bien sensible dans la tige des végétaux ligneux.

Mais, d'autre part, nous croyons avoir constaté, qu'après une courte période de développement continu, les grains d'amidon qui se forment dans la tige au commencement de l'été, ne tardent pas à diminuer un peu de volume et à rester quelque temps à l'état formatif, avec des alternatives de production et de résorption partielles, phénomène assez analogue à celui de la résorption nocturne, et cela jusqu'au temps où l'arrêt définitif de croissance permet, enfin, à l'amidon estival d'atteindre l'étiage de sa production maximum.

B. Marche progressive horizontale de l'amidon d'été. — Dans cet ordre de faits, nous aurons à considérer d'abord les espèces à suber externe, puis les espèces à suber interne ou péricyclique.

1. *Espèces à suber externe.* — Chez les espèces de cette première catégorie, de beaucoup les plus nombreuses, nous

(1) *Marche totale* (Journ. de Bot., 1895, p. 135).

avons vu l'amidon se répandre dans la tige en direction horizontale, selon six modes principaux que nous étudierons successivement.

1° Je trouve d'abord quelques espèces où l'amidon apparaît, en premier lieu, dans le canal médullaire qu'il ne tarde pas à envahir tout entier, pour se répandre de là en direction centrifuge dans les rayons du bois, et souvent aussi, mais toujours beaucoup plus clairsemé, dans la partie interne des faisceaux ligneux.

Entre temps, un peu plus tôt, un peu plus tard, on le voit se répandre aussi, à partir des régions endodermiques, restées, comme on sait, le plus souvent amyligères, d'une part, dans l'écorce primaire, de l'autre, dans le péricycle mou, dans les rayons libériens, et, finalement, toujours en grains très ténus, dans les autres éléments parenchymateux du liber.

La marche progressive horizontale de l'amidon d'été est donc ici centrifuge, considérée dans son ensemble, bilatérale ou à double jeu dans les régions cortico-libériennes seulement.

C'est ce dont j'ai trouvé de bons exemples chez le Charme, le Lierre, le Poirier, le Pommier et le Chêne pédonculé.

2° Chez d'autres espèces, ce n'est pas simultanément ou à peu près, dans toute l'épaisseur, mais bien à la périphérie du canal médullaire seulement, que l'amidon d'été se localise tout d'abord, c'est-à-dire dans cette région du cylindre libéro-ligneux, — la *moelle annulaire* de Guillard (1), — qu'à l'exemple de quelques auteurs, nous préférons désigner, pour éviter les périphrases, sous le nom de *couronne*. Il se répand de là, d'un côté dans le bois, en direction centrifuge, de l'autre, soit dans toute l'épaisseur du canal médullaire (Buis, Citronnier, Laurier-Cerise), soit seulement dans certaines cellules plus ou moins spécialisées de la moelle (Sycomore, Arbre de Judée, Rosier, Staphylier). Nous y reviendrons plus loin.

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1879, p. XLIV.

L'apparition de l'amidon est généralement plus tardive dans la région endodermique des mêmes espèces, avec progression ultérieure à double jeu, comme chez les espèces de la série précédente.

A partir des deux zones initiales de formation, couronne et endoderme, la marche progressive de l'amidon est, du reste, bien loin de se montrer partout la même, comme on peut en juger par les combinaisons variées des formules suivantes :

Buis. — Couronne, et rayons ligneux, moelle, péricycle et rayons libériens, écorce primaire.

Citronnier. — Couronne, moelle, rayons ligneux, écorce primaire, rayons libériens.

Rosier. — Couronne, rayons ligneux et libériens, écorce primaire, moelle, liber.

Laurier-Cerise. — Couronne, rayons ligneux, écorce primaire et moelle, liber.

3° Supposons maintenant deux zones initiales de formation, l'une dans la couronne, avec progression unilatérale dans le bois, sans qu'il se forme d'amidon dans l'intérieur même du canal médullaire, l'autre, plus tardive et à double jeu, dans la région endodermique, et nous aurons une idée assez exacte de ce qui se passe chez le Frêne, le Noisetier, le Sureau et le Figuier, où l'amidon apparaît dans les rayons ligneux avant de se montrer dans l'écorce, et aussi chez le Corète du Japon où il disparaît très promptement de la couronne.

On voit par les remarques ci-dessus que la marche progressive horizontale de l'amidon, *considérée dans son ensemble*, peut être qualifiée de centrifuge chez les espèces des trois premières séries, puisqu'elle y a son point de départ, soit dans l'intérieur même, soit à la périphérie du canal médullaire. Il n'en sera plus de même chez les espèces suivantes.

4° En voici d'abord quelques-unes chez lesquelles l'amidon apparaît simultanément, dans la zone endodermique, avec

progression ultérieure à double jeu, et dans les régions médullaires, où on le voit, tantôt se cantonner exclusivement dans la couronne (Sumacs glabre et vénéneux, Genêt d'Espagne, Obier, Noyer, Orme), tantôt se répandre en plus ou moins grande quantité dans tout l'intérieur ou dans certaines cellules du canal, soit en direction centripète (Fusain d'Europe, Vigne-Vierge, Fustet, Laurier-Tin, Pêcher), soit en direction centrifuge, ce qui implique formation tardive dans la couronne (Laurier-Rose, Tilleul, Myrsine d'Afrique), soit, enfin, en double direction, apparaissant alors simultanément dans la couronne et au centre de la moelle, pour se rejoindre finalement dans la zone intermédiaire (Marronnier).

Notons aussi qu'il y a quelques distinctions à établir entre ces différentes espèces, selon que l'amidon, considéré exclusivement dans le cylindre libéro-ligneux, y progresse synchroniquement, en direction centrifuge dans le bois, centripète dans les rayons libériens, ce que j'ai observé chez le Sumac glabre, et aussi chez le Faux-Ébénier, qui appartient à la série suivante, ou qu'il s'y forme, au contraire, successivement, en commençant soit par le bois, ce qui est le cas le plus fréquent (Laurier-Rose, Orme, Tilleul, Genêt d'Espagne), soit par les rayons libériens, ce que je n'ai observé que chez la Vigne-Vierge.

Enfin, nous ferons remarquer que, chez plusieurs espèces de la même série, telles que le Fusain d'Europe, le Laurier-Rose, le Noyer, le Pêcher, le Fustet et l'Obier, la diffusion de l'amidon est tellement rapide qu'il devient souvent assez difficile d'en discerner les étapes successives, et qu'on le voit même parfois s'y former simultanément, aussi bien dans la moelle que dans l'écorce et le bois.

5° Nous rangerons dans une cinquième série un petit nombre d'espèces chez lesquelles l'amidon d'été, faisant sa première apparition dans l'écorce primaire, se montre ensuite successivement, dans la moelle (Faux-Ébénier, Aucuba, Fusain du Japon), ou dans la couronne seulement (Jasmin), puis dans les rayons libériens, où il évolue, comme d'ordi-

naire, en direction centripète, finalement dans le bois.

6° Restent, enfin, deux espèces, le Lilas et l'Acacia, chez qui la marche de l'amidon est franchement centripète dans son ensemble, comme on peut en juger par la formule suivante : écorce primaire (centrifuge), rayons libériens, liber, rayons ligneux et bois, couronne.

II. *Espèces à suber interne.* — La prompte mortification de l'écorce primaire, chez la plupart des espèces à suber interne, y fait naturellement obstacle, le plus souvent, à la production, en quantité appréciable, de l'amidon d'été.

Je n'ai trouvé d'exception à cette règle que chez la Vigne, en raison, justement, du temps plus long qu'y met l'assise phellogène à opérer son évolution.

A quelque époque que celle-ci se produise, si l'on vient à la considérer au point de vue de son action sur les couches corticales profondes, on reconnaît qu'elle a le plus souvent pour effet d'y provoquer, par suite d'une sorte de balancement organique, une superproduction de la substance amylacée, de même que nous avons vu précédemment la chlorophylle s'y former aussi, d'ordinaire, en plus grande abondance. Cette superproduction nous a paru s'accuser très nettement dans le péricycle de la Vigne, dans les rayons libériens du Baguenaudier, et surtout dans le tissu lacuneux qui, chez l'Épine-Vinette et le Mahonia, sépare le cylindre libéro-ligneux de la couche, assez épaisse, des longues fibres péricycliques.

Le phénomène s'arrête là, du reste, et ne paraît pas avoir de répercussion sur les tissus amyligères du bois et de la moelle.

Que si maintenant, nous cherchons à nous rendre compte de la marche progressive horizontale de l'amidon d'été dans l'ensemble des régions péricycliques, libéro-ligneuses et médullaires chez les espèces à suber interne, nous aurons à y relever certaines différences spécifiques analogues à celles que les espèces à suber externe nous présentaient tout à l'heure.

C'est ainsi que, chez le Mahonia, le Seringa, l'Épine-Vinette et la Vigne, l'amidon estival apparaît d'abord dans les régions médullaires (moelle ou couronne), puis, simultanément ou à peu près, dans les rayons ligneux en direction centrifuge, dans le péricycle et les rayons du liber en direction centripète, finalement dans les faisceaux libériens.

Chez le Chèvrefeuille et le Baguenaudier, c'est, au contraire, dans le péricycle mou et les rayons libériens qu'on voit se former les premiers grains d'amidon, après quoi, ils se montrent successivement et sans ordre bien fixe, dans la couronne et les régions intermédiaires. La progression est centripète dans son ensemble.

Enfin, chez les *Ribes*, l'apparition de l'amidon est à peu près simultanée dans toutes les régions amyligères, à l'exception, toutefois, du parenchyme libérien, extérieurement épaissi, où il se forme toujours en dernier lieu.

C. Formation individuelle des grains d'amidon. — Dans ce paragraphe, nous aurons à nous rendre compte de la façon dont les grains d'amidon, considérés individuellement, se comportent dans leurs rapports de formation et de croissance avec les chlorites parvenus à l'état adulte.

Le principal intérêt de cette étude portera sur les différences qu'il nous sera possible d'établir à cet égard entre les deux sortes de chlorites.

1° Une première différence résulte de ce que les granules de l'amidon d'été apparaissent ordinairement plus tôt chez les gymnochlorites que chez les endochlorites, de même que nous avons vu ceux de l'amidon primordial ou transitoire y persister plus longtemps. C'est donc chez eux que la phase régressive de la production amylacée, correspondant au temps de plus forte croissance, a le moins de durée.

2° Les grains d'amidon peuvent se former simultanément ou successivement sur un point quelconque des gymnochlorites; ils grossissent moins, en général, toutes proportions gardées, que ceux des endochlorites, par suite, nous l'avons déjà dit, de la moindre élasticité de leurs plastides form-

teurs, et nous les verrons plus tard se résorber sur place, sans avoir jamais quitté, dans l'intervalle, leurs positions relatives.

Lorsqu'il ne se forme, dans le gymnochlorite, qu'un seul grain d'amidon, celui-ci peut être central ou plus rarement excentrique. Central, il se développe également sur toute la périphérie ; excentrique, il s'accroît de la même façon que ceux des endochlorites à granule d'amidon unique. Nous y reviendrons tout à l'heure.

A ce premier mode de formation, très répandu, nous le répétons, chez les gymnochlorites, nous croyons pouvoir appliquer le nom de *formation sporadique*.

La formation est, au contraire, le plus souvent *périphérique* ou *latérale* chez les endochlorites : *périphérique*, lorsque l'endochlorite se charge de plusieurs grains d'amidon ; *latérale*, lorsqu'il ne s'en forme qu'un seul ; — très rarement *sporadique*, comme j'en ai cependant rencontré quelques exemples chez le Fusain d'Europe et le Sureau.

Quoique le sujet ne soit pas de première fraîcheur, il convient, croyons-nous, d'entrer ici dans quelques détails.

Lorsque la formation est périphérique, les grains d'amidon sis immédiatement au-dessous de la surface du plastide, y apparaissent simultanément ou successivement, comme autant de points réfringents généralement incolores, grossissant peu à peu, et qui ne tardent pas, soit seuls, soit accompagnés d'autres granules formés ultérieurement plus au centre, à en occuper toute la masse.

Tantôt les granules peuvent rester alors plus ou moins lâchement groupés dans la masse du plastide, en conservant une forme assez souvent globuleuse, tantôt, ayant atteint un certain volume, on les voit s'aplatir sur leurs faces de contact en s'accolant intimement les uns aux autres, ceux de la périphérie continuant de grossir en progression excentrique, faisant même, parfois, saillie au dehors (1), d'où résulte, la structure anguleuse ou cunéiforme des granules,

(1) Voy. plus haut, page 363, d'après Schimper, *Annales*, 6e série, t. XI, p. 256.

l'ensemble du complexe amylo-chlorophyllien prenant souvent, dans l'un et l'autre cas, au moment où les enclaves amylacées ont atteint leur maximum de grosseur, la disposition mamelonnée dont il a été question plus haut.

Nous reviendrons plus loin sur ces diverses dispositions.

On trouve de bons exemples du mode de formation que nous qualifions de périphérique, avec disposition lâche ou compacte, chez les espèces suivantes : Sycomore, Faux-Ébénier, Fusain du Japon, Houx, Laurier-Rose, Lierre, Lilas, Mahonia, Orme, Poirier, Pommier, Sumac glabre, Fustet, Sureau, Aucuba, Arbre de Judée, Charme, Fusain d'Europe, Laurier-Cerise, Noisetier, Pêcher, Figuier et Obier.

Périphérique chez les endochlorites à grains d'amidon multiples ou composés, la formation est très généralement latérale chez les endochlorites à grains d'amidon simples. Je dis : très généralement, car il peut se faire, par exception, que ce grain unique prenne, en réalité, naissance au centre même du chlorite.

Quand il se forme sur l'un ou l'autre point de la périphérie, ce qui est de beaucoup le plus fréquent, on le voit généralement s'agrandir simultanément en double direction, tout à la fois excentrique et centripète, par rapport au centre de figure de son plastide formateur, ce qui ne tarde pas à communiquer ordinairement à la masse tout entière une forme elliptique ou ovoïde, avec un léger étranglement au niveau de la courbe de jonction du chlorite et du granule. Ce n'est là, d'ailleurs, qu'un phénomène de localisation sur un seul point du processus général de formation selon le mode périphérique.

Cependant, la ligne courbe d'étranglement se rapproche peu à peu du pôle opposé à celui où le granule d'amidon a pris naissance, dessinant ainsi cette sorte de ménisque auquel on a donné le nom de calotte chlorophyllienne (1).

(1) Voy. *Journ. de Bot.*, 1892, p. XL, XLIX et L, d'après des notes de MM. Dodel et Belzung.

Le ménisque s'efface à son tour, laissant le grain d'amidon solitaire uniformément revêtu d'une très mince enveloppe de plasma chorophyllien très souvent peu distincte, comme il a été dit précédemment, parfois même évanescente.

Le mode de formation latérale se trouve fréquemment associé, en proportions variables, au mode périphérique, chez l'Arbre de Judée, le Baguenaudier, le Frêne, le Laurier-Tin, le Noyer, le Pêcher, le Rosier, le Staphilier, le Tilleul, l'Obier, etc., etc... Il prédomine chez la Vigne et la Vigne-Vierge, où il s'accompagne, en outre, assez souvent, de certains phénomènes accessoires qui ne laissent pas que de présenter quelque intérêt.

Ainsi, observée chez la Vigne, la calotte chlorophyllienne se résout fréquemment en une petite masse granuleuse qui reste plus ou moins longtemps adhérente au granule d'amidon.

Chez la Vigne-Vierge, on rencontre souvent des grains d'amidon assez volumineux, incolores ou faiblement teintés de vert, et généralement ovoïdes, qui sont accompagnés, à l'un de leurs pôles, d'un granule rond beaucoup plus petit. Ce granule satellite ou polaire peut se former de deux façons. Tantôt il apparaît tout d'abord à l'un des pôles du chlorite et se trouve très promptement arrêté dans sa croissance, tandis qu'à l'autre pôle se forme un autre granule qui se développe normalement et vient finalement se souder avec lui. Tantôt, au contraire, le gros granule se forme le premier, et c'est alors dans la calotte chlorophyllienne que le granule satellite apparaît tardivement, les deux granules pouvant, du reste, demeurer adhérents l'un à l'autre jusqu'au moment de la résorption totale (23 octobre 1894), ou se séparer plus ou moins tôt, le granule polaire achevant alors de grossir isolément.

Au lieu d'un seul granule satellite, j'en ai vu parfois deux ou trois se former sur les bords du même chlorite (Vigne-Vierge, Laurier-Tin).

Nous avons précédemment fait remarquer que l'appa-

rition de grains d'amidon composés à la phériphérie des endochlorites peut être indifféremment simultanée ou successive. Il est assez difficile, aussi bien dans l'un que dans l'autre cas, de reconnaître si les granules, considérés isolément, se développent et grossissent également sur toute leur surface, ou si l'accroissement se fait, au contraire, en direction définie, centripète ou centrifuge, non plus par rapport au centre de figure du plastide formateur, selon le processus que nous avons étudié plus haut, mais à partir du centre organique de formation du granule amylacé lui-même.

L'observation est d'autant moins aisée que les grains d'amidon d'origine chlorophyllienne demeurent relativement, comme on sait, assez peu volumineux, et ne laissent voir, d'ordinaire, aucune trace de stratification tant qu'ils restent plongés dans le plastide (1).

Quand la formation est latérale, chaque chlorite ne formant qu'un seul grain d'amidon, la difficulté diminue. Je crois avoir constaté qu'en pareil cas, le grain d'amidon, tant qu'il reste à l'état formatif, se montre plus transparent sur la surface de pénétration à l'intérieur du plastide, d'où la forte présomption que c'est dans le même sens que s'opère la croissance.

Dès l'année 1880, M. Schimper avait observé et nettement distingué, pour les grains d'amidon d'origine chlorophyllienne, les deux modes de formation : sporadique, d'une part, phériphérique ou latérale, de l'autre, que nous venons d'analyser (2), mais il ne paraît pas en avoir reconnu les relations habituelles de localisation dans les deux sortes de chlorites. Aussi est-ce surtout en se plaçant à ce point de vue spécial, que j'ai jugé utile d'en reprendre l'étude.

Il ne nous reste plus à signaler, dans le même ordre de faits, que deux différences d'importance secondaire :

(1) Schimper, *Sur l'origine des grains d'amidon* (Ann. Sc. nat. Bot., 6e série, t. XI, p. 257).

(2) *Op. cit.* (Annales, 6e série, t. XI, p. 256 et 257).

1° Inclus dans leurs plastides formateurs et observés dans l'eau, les grains d'amidon des gymnochlorites apparaissent toujours bien définis dans leurs contours, tandis que ceux des endochlorites se montrent, au contraire, vaguement estompés sur les bords, et comme noyés dans leur enveloppe chlorophyllienne.

2° On ne distingue, parmi la généralité de ces derniers organites, que de très légères différences de forme et de structure, alors que le facies peut varier beaucoup de ceux que fabriquent les différentes sortes de gymnochlorites.

Ainsi, souvent plus abondants, mais généralement plus petits et de forme arrondie dans les gymnochlorites à structure nettement réticulée, tels que ceux de l'Aucuba, du Genêt d'Espagne, du Figuier, du Houx, du Sureau, etc., ils se montrent d'ordinaire moins nombreux, de forme plus anguleuse, et souvent réduits à deux ou trois corpuscules fusiformes ou en croissant, dans les gymnochlorites lenticulaires à réfringence sombre, peu diffusibles au début, et dans ceux, de formes irrégulières, que nous avons désignés sous le nom de grains-paillettes.

Formation libre. — Outre les grains d'amidon que nous venons de voir se localiser dans les gymnochlorites, ou chlorites propres des cellules granuleuses (cyanocystes), on en rencontre souvent d'autres, dans les mêmes cellules, pendant toute la période de végétation active, qui, tantôt incolores, tantôt plus ou moins teintés de vert, toujours simples, et de grosseurs variables, se montrent disséminés contre les parois ou dans l'intérieur de la cellule, sans aucune relation apparente avec les chlorites amylacés auxquels ils se trouvent ainsi associés.

C'est probablement, comme nous l'avons déjà indiqué, sur l'étude incomplète de ces granules isolés que se fonde l'opinion de certains auteurs d'après qui, dans bien des cas, les grains amylacés d'origine chlorophyllienne seraient finalement expulsés de leurs plastides formateurs.

Qu'il puisse en être parfois ainsi, il serait téméraire de le nier, bien que, quant à moi, je n'aie jamais saisi sur le fait ce travail d'élimination. Je ne l'ai vu se produire d'une façon évidente que chez les gymnochlorites diffusibles mis en présence de l'eau, et il faut bien, d'ailleurs, se garder de le confondre avec la mise en liberté des granules, par suite de la destruction des plastides eux-mêmes.

J'estimerais plutôt que les grains d'amidon en question proviennent directement, pour la plupart, de l'évolution amylacée ou chloro-amylacée de granules protéiques préalablement inclus dans le plasma pariétal ou périnucléaire des cyanocystes, où il est généralement assez aisé de suivre les différentes phases du phénomène.

Il suffit, à cet effet, de traiter les coupes par la fuchsine ou autre colorant des matières protéiques et l'iode, ou, mieux, par l'alcool, le réactif iodo-ioduré employé deux fois, avec intervalle de complet dessèchement, et, enfin, par l'acide acétique et l'eau.

On rencontre ainsi, dans une même coupe, et souvent dans une même cellule, toutes les transitions possibles entre les granules primitifs, vivement impressionnés par les réactifs colorants ou iodés, et les grains plus volumineux qui ne cessent, en grossissant, de présenter, de plus en plus accusées, les réactions caractéristiques de l'amidon.

Mes observations à cet égard ont particulièrement porté sur les cellules à gymnochlorites de l'Épine-Vinette, du Pêcher, du Sycomore, du Lierre, du Corète et du Fusain du Japon, de l'Arbre de Judée, du Noyer, du Sumac glabre, du Baguenaudier, du Charme, de la Vigne-Vierge, du Faux-Ébénier, du Staphylier, du Cassis et du Sureau.

A signaler tout spécialement l'intérêt et la facilité de cette étude, lorsqu'on vient à considérer les corpuscules protéiques ou protéo-amylacés inclus dans la substance spongieuse qui, entourant le noyau des gymnochlorites de certaines espèces : Vigne-Vierge (26 avril 1894), Faux-

Ébénier (8 juillet 1885), Staphylier (18 octobre 1893), Cassis (19 décembre 1892), Sureau (3 mai 1892), se trouve projetée avec lui, sous l'action du rasoir, dans l'eau de la préparation.

Je me suis trouvé dans des conditions d'observation non moins favorables lorsque, à la suite de pluies subitement très abondantes, j'ai pu assister, en octobre 1893, comme je l'ai indiqué plus haut (p. 385), à la prompte régénération de l'amidon dans la tige du Staphylier, d'où une longue sécheresse l'avait fait presque entièrement disparaître, et de même, dans des circonstances analogues, au mois d'octobre de l'année suivante, chez la Vigne-Vierge, en novembre chez le Houx, en décembre chez le Chèvrefeuille, comme conséquence d'un adoucissement sensible de température succédant à une courte période de froids assez vifs, et, enfin, chez un grand nombre d'espèces, lors de la rénovation printanière dont nous aurons à nous occuper plus loin (Sycomore, Charme, Seringa, etc.).

C'est ce mode particulier de formation de l'amidon, très ordinairement localisé dans les cyanocystes, bien que j'en aie trouvé de rares exemples dans les achroocystes de certaines espèces, telles que la Vigne-Vierge en octobre 1894, c'est ce mode de formation, dis-je, que je propose de désigner sous le nom de *formation libre*. Il n'est pas sans analogie avec l'évolution des amyloplastides dans les tissus incolores de la tige, d'autant plus que, dans l'un comme dans l'autre cas, les granules d'amidon, en se résorbant, ne laissent le plus souvent après eux, que des traces peu distinctes de leurs plastides formateurs.

Nous constatons ainsi qu'il se produit, dans l'ensemble des cellules à gymnochlorites, aux premiers temps tout au moins de la période de végétation active, un travail incessant de formation et de résorption de la substance amylacée, travail qui se répartit, dans une proportion d'ailleurs bien difficile à déterminer, entre les granules d'amidon provenant de formation libre, et ceux qui se

constituent dans les plastides chlorophylliens préexistants.

C'est, au contraire, à ces derniers organites que sont presque exclusivement réservées les fonctions estivales de l'amylo-genèse dans les cellules à suc clair.

Quelle que soit, d'ailleurs, l'origine des granules d'amidon ainsi formés dans les deux sortes de cellules, vient toujours un moment où, perdant tout emploi prochain dans l'élaboration des tissus caulinaires arrivés à la fin de leur croissance, ils s'y accumulent, à titre de matériaux de réserve, jusqu'au temps où on les verra se résorber à leur tour, en tout ou en partie, suivant les espèces, au début de la période hivernale.

L'étude de cette phase ultime de résorption et de la façon dont les différents grains d'amidon s'y comportent, fera le principal objet du paragraphe suivant.

II. — Résorption de l'amidon d'été.

Après avoir avancé, dès l'année 1879, que « l'écorce n'est généralement pas amylifère en hiver, mais le devient dès le début du printemps » (1), M. Mer, douze ans plus tard, dans une note présentée à l'Académie (2), à l'appui de cette indication sommaire, montrait, en effet, contrairement à l'opinion jusque-là courante :

1° Que la répartition de l'amidon dans la tige des végétaux ligneux est loin de rester constante du mois d'octobre au mois d'avril ;

2° Qu'il y a résorption de cette substance à la fin de l'automne, et genèse ou plutôt régénération au début du printemps.

La question avait son intérêt. M. Mer en a, depuis, repris l'étude, en élargissant le champ de ses observations, dont les résultats sont consignés dans un travail d'ensemble paru,

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1879, p. XLV, note.
(2) *C. R. Acad. des Sc.*, 27 avril 1891. — *Journ. de Bot.*, 1891, p. LXV.

en 1898, sous ce titre : *Des variations qu'éprouve la réserve amylacée des arbres aux diverses époques de l'année* (1).

L'économie de ce nouveau mémoire sera mise tout entière en évidence par la simple indication des sous-titres : *Disparition de la réserve amylacée à l'automne. — Causes de la disparition automnale de l'amidon. — Réapparition printanière de l'amidon. — Disparition de l'amidon pendant l'évolution des pousses.*

Nous allons, à partir du présent paragraphe, côtoyer plus d'une fois le mémoire de M. Mer. Est-ce à dire que nous fassions ainsi œuvre inutile, en insistant plus que de raison sur un sujet désormais épuisé? Nous ne le pensons pas.

En consignant ici le résultat d'observations instituées parallèlement à celles de M. Mer, dès avant l'année 1880, et sans avoir eu connaissance de sa note préliminaire (1879), j'espère être en mesure, tout en corroborant, dans leur généralité, les conclusions de mon savant confrère, d'y apporter quelques rectifications de détail, et d'y ajouter certaines indications complémentaires, fondées sur l'étude d'un plus grand nombre d'espèces.

Comme le précédent, le présent paragraphe sera divisé en deux parties, dans lesquelles nous étudierons successivement : 1° la marche générale de la résorption automnale de l'amidon dans la tige des végétaux ligneux ; 2° les phénomènes de la résorption dans les grains d'amidon considérés individuellement.

A. Résorption collective de l'amidon d'été. — C'est généralement à la fin d'août ou au commencement de septembre que l'amidon, chez la plupart des végétaux ligneux, s'accumule en plus grande abondance dans les tissus caulinaires dont la croissance est désormais arrêtée ou tout au moins sensiblement ralentie. Cet état de réplétion reste pendant quelque temps stationnaire, après quoi l'amidon

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1898, p. 299 et suiv.

entre en résorption pour aboutir, au cours de l'hiver, à une disparition, totale chez certaines espèces, partielle chez certaines autres.

Les causes de la résorption sont multiples.

Employé pour partie, selon toute vraisemblance, à l'entretien de la vie ralentie de la plante lorsque la suppression de l'assimilation chlorophyllienne vient à rompre l'équilibre de la recette et de la dépense, l'amidon paraît devoir contribuer également, en proportions variables, à l'élaboration des substances de réserve de diverses sortes qui remplissent les cellules pendant l'hiver, et fournissent, au printemps, les éléments régénérateurs des grains d'amidon et des chloroplastides eux-mêmes.

A ces deux causes de la disparition totale ou partielle de l'amidon en automne, — résorption et transformation, — il conviendrait, d'après les observations de M. Mer (1), d'en ajouter une autre provenant d'une migration partielle de la même substance vers les parties souterraines de la plante.

Je m'abstiendrai de tout commentaire sur ce dernier point de vue qui a complètement échappé à mes observations personnelles, et j'aborde, sans plus tarder, l'étude des phénomènes apparents de la résorption de l'amidon dans la tige.

Il est assez difficile de déterminer avec précision le temps où l'on commence d'en saisir les premières manifestations.

D'une façon générale, j'ai cru reconnaître que l'amidon d'été entrait d'assez bonne heure en résorption chez la plupart des végétaux à feuilles hivernantes, tels que le Houx, l'Aucuba, le Laurier-Tin et le Fusain du Japon, — le Laurier-Cerise fait exception, — plus tardivement chez les espèces à feuilles caduques où les indices bien apparents de la résorption coïncident d'ordinaire avec le temps de la chute des feuilles, et encore y a-t-il, à cet égard, des différences assez sensibles parmi ces dernières espèces.

(1) *Op. cit.* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1898, p. 301).

Ainsi, j'ai trouvé l'amidon en voie de résorption dès la fin de septembre, chez le Charme, le Fusain d'Europe, le Sumac, le Sureau et l'Obier, tandis qu'on ne commence à le voir disparaître qu'au mois de novembre, chez l'Épine-Vinette, la Vigne-Vierge, le Figuier, le Lilas et le Cassis.

On conçoit, d'ailleurs, qu'indépendamment de certaines prédispositions spécifiques, le phénomène de la résorption doive se trouver, dans une large mesure, comme celui de la formation elle-même, sous la dépendance des conditions atmosphériques qui peuvent varier sensiblement d'une année à l'autre.

C'est ainsi qu'en 1890, dès le 4 novembre, après quelques jours de faibles gelées suivies de pluies abondantes, avec chute des feuilles, je constatais que la régression de l'amidon était déjà assez avancée dans les couches corticales externes de la Vigne-Vierge, du Lilas, et de quelques autres espèces où elle se montre ordinairement plus tardive.

Ce sont parfois les gymnochlorites qui se dépouillent en premier lieu de leurs granules d'amidon, comme je l'ai observé chez le Chèvrefeuille et le Faux-Ébénier, en novembre 1893, tandis que je ne les avais vus disparaître qu'après ceux des endochlorites, chez les mêmes espèces, aux mois de novembre et de décembre de l'année précédente.

D'après la note présentée par M. Mer à l'Académie, en 1891 (1), la résorption graduelle de l'amidon commencerait par les rayons médullaires du bois pour passer de là dans le parenchyme ligneux, puis dans la moelle, après quoi elle s'effectuerait dans les tissus corticaux et libériens, pour finir par les rayons du jeune liber, la réapparition de l'amidon au printemps se produisant, graduellement aussi, dans un ordre sensiblement inverse.

Quels que puissent être l'exactitude et l'intérêt de ces observations ou de toutes autres ne portant que sur un cas

(1) Voy. plus haut, p. 399.

ou certains cas particuliers, il faudrait bien se garder d'en exagérer la portée.

En ce qui concerne spécialement le phénomène de la régression automnale de l'amidon, le seul dont j'aie à m'occuper pour le moment, bien loin que les différentes phases en puissent être réduites aux termes d'une formule unique, j'y trouve, au contraire, de nombreuses variations en sens souvent opposé aux indications de M. Mer.

Parmi les espèces que j'ai plus particulièrement étudiées à ce point de vue, il en est plusieurs chez lesquelles la marche de la résorption, intégrale ou non, considérée dans son ensemble, nous a paru le plus souvent franchement centripète (Sycomore, Aucuba, Buis, Charme, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Chalef à rameaux réfléchis, Laurier-Cerise, Obier, etc., etc...).

Ailleurs, je l'ai vue s'opérer parfois du centre à la circonférence, ou plus souvent en double direction, centripète dans l'écorce, centrifuge dans la moelle ou la couronne, et dans le bois (Houx, Genêt d'Espagne, Fusain du Japon, Sureau, Tilleul, Sumac glabre). Mais, encore ici, il y aurait à signaler d'assez nombreuses variations dans le détail des phénomènes.

Ainsi, chez le Sumac et le Sureau, c'est ordinairement de la couronne que l'amidon disparaît tout d'abord, après quoi il se résorbe en direction rapidement centrifuge dans le bois et l'écorce.

Chez le Tilleul, la résorption s'opère d'abord à peu près simultanément dans la moelle et les couches externes de l'écorce, d'où elle passe dans la région endodermique et finalement dans le bois et la couronne.

Chez le Faux-Ébénier, elle se produit d'assez bonne heure dans la moelle, puis, graduellement, en direction centripète, dans les autres régions caulinaires.

Signalons, enfin, la formule suivante pour le Fusain d'Europe : écorce, moelle, couronne, bois.

En somme, rien de plus variable que le processus de

résorption de l'amidon d'été dans la tige des végétaux ligneux, avec prédominance, toutefois, du mode que nous avons qualifié de centripète dans son ensemble.

De quelque façon qu'elle se produise, elle aboutit finalement, vers le milieu de décembre, chez la plupart des espèces à feuilles caduques, souvent plus tôt chez les espèces à feuilles persistantes, à un état de vacuité absolue ou de réduction minimum, avec localisation dans certaines régions caulinaires, toutes choses sur lesquelles nous aurons à revenir par la suite.

Nous devons auparavant aborder l'étude de la régression individuelle des granules d'amidon considérés, soit en eux-mêmes, soit dans leurs rapports avec leurs plastides formateurs, chlorophylliens ou autres.

B. Résorption individuelle des granules d'amidon. — Pour simplifier cette étude, il convient tout d'abord de répartir les grains d'amidon en trois groupes distincts, selon qu'on les considère : 1° dans les chlorites de l'écorce (*lato sensu*), y compris ceux de l'endoderme, qui demanderont néanmoins un examen spécial ; 2° dans les chloroplastides plus ou moins décolorés de la moelle ; 3° dans les amyloplastides des tissus incolores du cylindre libéro-ligneux.

I. — Écorce.

Sous ce titre général nous aurons à étudier séparément les phénomènes de la résorption individuelle des grains d'amidon : 1° chez les gymnochlorites; 2° chez les endochlorites, en distinguant, dans chacune de ces deux séries, les chlorites à grains d'amidon simples et ceux à grains d'amidon multiples ou composés.

A. Gymnochlorites. — 1° *Grains d'amidon simples.* — Il ne s'est formé qu'un seul granule d'amidon dans le gymnochlorite. Au moment de la résorption, on voit ce granule unique, ordinairement central, plus rarement excentrique, diminuer peu à peu de grosseur sur toute sa périphérie, en

conservant des contours nets, son centre de figure restant invariablement fixé au lieu même où le granule a pris naissance.

En même temps, la mince enveloppe chlorophyllienne où il est resté inclus s'épaissit peu à peu pour reconstituer finalement, après disparition complète de l'amidon, le plastide primitif, sous réserve des changements de forme et de grosseur dont il peut être affecté. — Résorption sur place.

Il peut se faire, qu'au lieu d'une digestion incomplète de son enveloppe chlorophyllienne, le grain d'amidon simple, en grossissant, se la soit complètement assimilée. Toutes traces de la substance chlorophyllienne ayant ainsi disparu, le grain d'amidon se résorbe à son tour, en ne laissant après lui qu'un simple résidu granuleux, bientôt dispersé lui-même dans le milieu ambiant. C'est ce qui explique la disparition complète de certains corps chlorophylliens dans les cyanocystes des régions internes de l'écorce, dans ceux de la moelle ou de la couronne d'un certain nombre d'espèces, et celle aussi des corpuscules amylo-chlorophylliens de formation libre, qui se localisent, comme on sait, dans les cellules de la même catégorie (Pommier, 10 novembre 1893, 4 décembre 1892).

J'ai vu cependant, chez quelques rares espèces herbacées (*Tropæolum majus*, *Phlox paniculata*), ou ligneuses (Faux-Ébénier, Vigne, Vigne-Vierge), se développer parfois, autour d'un grain d'amidon simple, après résorption complète, — tout au moins en apparence, — de son plastide formateur, un nouveau corps chlorophyllien, de nature granulo-filamenteuse, absolument semblable à ceux qui proviennent de la régression chlorophyllienne des grains d'amidon, dans les tubercules de Pommes de terre accidentellement exposés à la lumière.

2° *Grains d'amidon multiples ou composés.* — Comme les grains d'amidon simples, les granules constituants des grains composés des gymnochlorites se résorbent très ordinaire-

ment sur place, de telle sorte qu'on les voit peu à peu diminuer de grosseur, simultanément ou dans l'ordre successif, sans quitter leurs distances respectives, tandis que s'opère autour d'eux la reconstitution du plastide formateur : Faux-Ébénier (26 octobre-3 décembre 1893), Lilas (28 novembre 1892), Frêne (5 décembre 1892), Sureau (8 octobre 1894), Vigne (3 septembre 1892), etc., etc.

La résorption est donc ici sporadique, comme avait été la formation. De même que dans le cas précédent, les deux phénomènes sont l'exacte contre-partie l'un de l'autre.

B. Endochlorites. — 1° *Grains d'amidon simples.* — Lorsqu'il ne s'est formé qu'un seul grain d'amidon dans l'endochlorite, la résorption peut être latérale, centrale ou intégrale.

a. Résorption latérale. — Nous avons trouvé de bons exemples de ce premier mode de résorption dans le péricycle mou de la Vigne aussi bien que dans l'écorce primaire de la même espèce, où nous savons que l'évolution tardive du phellogène interne laisse à l'amidon d'été tout le temps nécessaire pour se produire en abondance. Lorsqu'il commence à se résorber, les endochlorites, — presque tous munis d'un seul grain d'amidon, souvent assez volumineux, — sont encore généralement intacts, et ils restent tels jusqu'au temps, plus ou moins rapproché, de leur propre dissolution, ce qui permet d'y étudier, dans les meilleures conditions possibles, vers la fin d'août ou le commencement de septembre, toutes les phases du phénomène de régression.

On voit alors se dessiner, à l'un des pôles du chlorite, une petite calotte chlorophyllienne qui se développe graduellement sur sa surface de contact avec le granule d'amidon, tandis que celui-ci, diminuant peu à peu de grosseur, est lentement refoulé vers le pôle opposé, où il finit par disparaître.

Il y a donc ici encore, comme pour les gymnochlorites,

parfaite corrélation entre les deux processus antagonistes de formation et de résorption des grains d'amidon simples.

Semblables constatations, quoique d'une observation peut-être un peu moins aisée, pour les endochlorites à grains d'amidon simples que l'on rencontre très fréquemment chez la Vigne-Vierge, beaucoup plus clairsemés dans l'écorce primaire du Sycomore, de l'Arbre de Judée, du Faux-Ébénier, du Frêne, du Marronnier, du Noisetier, du Staphylier, du Sureau, du Laurier-Tin, etc., etc.

b. Résorption centrale. — On peut qualifier la résorption de centrale, lorsqu'elle s'opère, — assez rarement, du reste, chez les endochlorites, — par dissolution égale ou régression uniforme du granule (1), lequel reste fixé au centre du plastide, avec reconstitution corrélative de ce dernier, non plus en progression graduelle, d'un pôle à l'autre, mais simultanément et uniformément sur tout son pourtour.

c. Résorption intégrale. — J'entends par là une sorte de résorption qui résulte, non pas, comme dans le cas précédent, de la réduction graduelle de la substance amylacée à la périphérie du granule, mais bien de la fusion simultanée de sa masse tout entière dans le sein du chlorite en voie de reconstitution.

Ce mode de résorption est, en somme, assez rare chez les endochlorites à grains d'amidon simples. On le rencontre plus fréquemment, et nous pourrons l'étudier dans de meilleures conditions, chez certains endochlorites dont les granules amylacés, d'abord multiples, puis devenus ternaires ou binaires, dans les premières phases de la fusion, ou même finalement réduits à l'unité, achèvent de se résorber par le même procédé.

2° *Grains d'amidon multiples ou composés.* — Quelques mots, d'abord, sur les procédés techniques qui m'ont facilité

(1) Dissolution égale : Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 107, d'après A. Gris ; Baillon, *Dict. de Bot.*, t. I, p. 148. — Résorption uniforme : Belzung, *op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 204, et pl. V, nos 6, 7, 9).

l'étude de la résorption de l'amidon chez les endochlorites à grains composés.

En traitant successivement les coupes par l'alcool et le réactif iodo-ioduré, on voit assez fréquemment la masse de l'endochlorite se colorer en brun, avec plusieurs centres de coloration plus foncée, correspondant au centre de figure des granules d'amidon qui y sont inclus, ce qui permet d'en reconnaître plus ou moins aisément le nombre et la position relative. Mais il peut se faire, aussi, que, sous l'apparence trompeuse d'une masse uniformément colorée en brun, se trouve dissimulé, en réalité, un groupe de granules si intimement accolés entre eux, que le réactif est impuissant à en faire apparaître les lignes de contact.

Ces premières indications sont donc insuffisantes.

Dans l'un et l'autre cas, — coloration uniforme ou non, — pour mettre les granules en pleine évidence, il conviendra, après le traitement préliminaire dont il vient d'être question, de faire intervenir l'acide acétique par deux fois, en maintenant un instant la coupe dans l'eau distillée, entre les deux applications de l'acide.

Le plastide chlorophyllien, suffisamment éclairci, apparaît alors sous forme d'une petite masse transparente dont les granules inclus, colorés en bleu gris ou bleu violet, suivant les espèces, sont devenus assez distincts pour qu'on puisse, dans tous les cas, — étroitement accolés ou non, — en suivre facilement les changements de position ou de structure, aux différentes phases de leur évolution régressive.

En somme, il n'y a là qu'une simple application de la méthode de Boëhm (1), mais sans intervention de la potasse, qui a le grave inconvénient, en dissolvant la substance même des chlorites, d'altérer et de rendre souvent absolument indistincts les rapports de position de leurs enclaves amylacées.

En procédant ainsi, j'ai reconnu que les grains d'amidon

(1) Strasburger, *Manuel technique d'anatomie végétale*, trad. franç., p. 48.

qui, chez la grande généralité des endochlorites à grains multiples, se forment, comme on sait, à la périphérie du plastide, s'y distribuent finalement, comme on l'a déjà indiqué plus haut, suivant deux modes principaux de groupement auxquels correspond assez exactement la façon dont ils se résorbent en automne.

Premier mode de groupement. — Chez un assez grand nombre d'espèces les grains d'amidon, plus ou moins nombreux, mais toujours de médiocre ou de petit volume, apparaissent assez lâchement groupés dans l'intérieur des endochlorites.

Au cours de la résorption on constate que ces grains diminuent peu à peu de grosseur, en s'écartant en même temps les uns des autres, et se trouvent finalement reportés, pour y disparaître simultanément ou dans l'ordre successif, à la périphérie du plastide, c'est-à-dire aux places mêmes où ils avaient pris naissance.

Formation périphérique, résorption périphérique, tels sont donc les deux termes extrêmes de l'évolution estivale des granules amylacés inclus dans le plastide selon l'ordre particulier de groupement qui vient d'être indiqué. — Phénomènes fréquemment observés chez l'Aristoloche, l'Acacia, le Sycomore, l'Arbre de Judée, le Charme, le Chèvrefeuille, le Baguenaudier, le Faux-Ébénier, le Figuier, le Frêne, les Fusains d'Europe et du Japon, le Jasmin, le Corète du Japon, le Laurier-Rose, le Laurier-Tin, le Lierre, le Lilas, le Mahonia, le Marronnier, le Noisetier, le Cassis, le Staphylier, le Sureau, le Genêt d'Espagne, le Tilleul, etc.

Il y a pourtant des exceptions. J'ai rencontré, chez certaines espèces, telles que le Lilas, le Faux-Ébénier et le Figuier, des endochlorites à granules lâchement groupés dont la résorption s'opérait indifféremment selon le mode périphérique, ou sur place, à la façon de ce qui se passe chez la grande généralité des gymnochlorites.

Deuxième mode de groupement. — Grains d'amidon ordinairement moins nombreux, mais de plus fort volume que

dans le type précédent, et intimement accolés entre eux, suivant des surfaces planes ou rectilignes. Mode habituel ou prédominant chez l'Obier, le Sumac glabre, le Fustet, le Noyer, le Pêcher, le Pommier, le Poirier, le Rosier (quatre Rosacées), assez souvent associé au mode de groupement lâche chez plusieurs des espèces plus haut énumérées : Laurier-Rose, Frêne, Faux-Ébénier, Sycomore, Arbre de Judée, Cassis, etc., etc.

Quand les granules sont ainsi groupés, leur fusion s'opère le plus souvent sur place et par résorption *intégrale* des granules constituant, — on va voir à l'instant ce que nous entendons par là, — phase ultime, qui peut être précédée ou non d'un phénomène de réduction successive dans le nombre de ces mêmes granules.

Je m'explique :

Supposons un endochlorite dans lequel se sont formés quatre grains d'amidon disposés en tétrade. Qu'un de ces grains vienne à se résorber sur place, ne laissant après lui qu'un petit résidu granuleux, lui-même bientôt évanoui, on voit, dans le même temps, grâce à ses propriétés élastiques, l'enveloppe chlorophyllienne commune subir un mouvement corrélatif de retrait, qui la ramène exactement moulée sur les trois grains restants. Le groupe amylacé formé dans l'endochlorite est ainsi devenu ternaire. Il peut passer ensuite de la même façon à l'état binaire, ou se réduire finalement à l'unité. Et de même pour tous groupes amylacés de constitution identique, quel que soit le nombre primitif des granules constituants.

Le granule d'amidon resté solitaire, ou les deux ou trois granules persistants ne tardent pas à s'effacer peu à peu ; ils semblent se fondre en quelque sorte dans le chlorite où ils sont inclus, lequel, plus ou moins décoloré, continue, pendant quelque temps encore, de présenter, dans sa masse tout entière, la réaction de plus en plus affaiblie de l'amidon.

C'est à ce mode spécial de résorption, considéré, soit

dans un endochlorite à grain simple, soit dans un groupe amylacé, finalement réduit ou non dans le nombre de ses éléments, que je propose de donner le nom de *résorption intégrale*.

J'ajoute qu'indépendamment du processus qui vient d'être indiqué, la simplification d'un groupe quelconque peut aussi provenir, dans certains cas, soit d'un simple phénomène de division (Poirier, Noyer, Rosier, Sumac, Obier (octobre et novembre 1894), soit d'une sorte de fusion en un seul grain des deux ou trois granules formant le groupe initial.

Du moins est-il certain qu'au cours de l'évolution régressive de ces sortes de groupes, les lignes de suture des granules accolés deviennent parfois tellement indistinctes, qu'on en est à se demander si l'on ne se trouve pas finalement en présence d'une masse unique de substance amylacée, tout entière et uniformément en voie de régression protéique : Poirier (septembre et octobre 1892), Pommier (septembre 1893), Sumac, etc., etc. — A rapprocher, par opposition régressive, de la formation de certains grains d'amidon par fusion de granules d'abord distincts, telle que M. Belzung l'a observée et décrite dans les tubercules de la Pomme de terre (1). — J'ai reconnu cependant qu'en traitant les coupes par le procédé indiqué ci-dessus, *avec addition de potasse*, il n'est pas rare de faire apparaître sur les bords du chlorite coloré en bleu, quelques noyaux d'un bleu plus foncé, ce qui semblerait n'indiquer en pareil cas qu'une fusion incomplète, avec tendance à la résorption périphérique.

Nous aurons occasion de revenir par la suite sur le phénomène, simplement entrevu tout à l'heure, de la décoloration plus ou moins complète de certains chloroplastides lors de la résorption automnale de l'amidon.

Endoderme. — Il ne nous paraît pas qu'il y ait lieu de rien retenir de l'ensemble de nos observations sur la façon dont se comportent les granules d'amidon, au cours de leur

(1) *Op. cit.* (Annales, 7e série, t. V, p. 220 et 221, et pl. VIII, fig. 135 et 137).

évolution annuelle, dans les gymnochlorites de l'assise endodermique. Les choses s'y passent absolument comme dans les autres assises de l'écorce primaire.

Il n'en est pas de même des endochlorites chez lesquels les fonctions amylo-génétiques présentent, au contraire, dans l'endoderme, quelques traits différentiels que nous signalerons rapidement.

Il est facile de constater chez ces organites une tendance assez générale à se grouper, dès l'origine, en grumeaux très promptement teintés de vert, qui restent longtemps amassés autour du noyau, et dans lesquels l'amidon, apparu de très bonne heure, persiste tout l'été, sauf parfois, comme on sait, pendant le temps de la régression temporaire, en grains souvent plus volumineux que dans le reste de l'écorce, accusant ainsi le seul caractère vraiment différentiel de cette assise chez beaucoup de végétaux ligneux où elle échappe à toute définition d'ordre purement histologique.

Tantôt les endochlorites de l'endoderme restent très longtemps imprégnés du pigment chlorophyllien, auquel cas leurs granules amylacés se montrent ordinairement disposés dans l'ordre de groupement lâche, que nous avons étudié en premier lieu (Staphylier, Figuier, Corète du Japon, Fusain d'Europe, Charme, Aristoloche, Sureau, Sycomore, Jasmin, Marronnier, Faux-Ébénier, Buis, Tilleul); tantôt c'est, au contraire, le second mode de groupement qui prédomine : granules intimement accolés suivant des surfaces planes, dans des endochlorites plus ou moins promptement et plus ou moins complètement décolorés (Sumac, Arbre de Judée, Laurier-Cerise, Noisetier, Pommier, Pêcher, Poirier, Frêne, Fustet, Laurier-Rose, Laurier-Tin, Rosier, Fusain du Japon).

Il peut y avoir similitude complète, au point de vue du groupement de leurs enclaves amylacées, entre les endochlorites de l'endoderme et ceux des autres régions caulinaires, les granules d'amidon s'y trouvant uniformément

distribués, chez les uns et chez les autres, selon l'ordre de groupement lâche (Aristoloche, Fusain d'Europe, Corète du Japon, Tilleul, Orme, Charme, etc., etc.), ou compact (Pommier, Pêcher, Poirier, Sumac, Noyer, Obier).

Ailleurs, au contraire, on voit les granules amylacés des endochlorites se souder intimement entre eux dans l'endoderme, — lequel se trouve ainsi d'autant plus nettement différencié, — tandis qu'ils sont lâchement groupés dans les endochlorites du reste de l'écorce, comme je l'ai observé chez l'Arbre de Judée, le Frêne, le Figuier, le Genêt d'Espagne, le Laurier-Tin, le Laurier-Cerise, le Laurier Rose et le Fusain du Japon.

Je n'ai point trouvé d'exemple de la disposition contraire.

Quel que soit le mode de groupement des granules, il faut bien reconnaître, d'ailleurs, que la façon dont ils se comportent au cours de la résorption est d'une observation plus difficile dans les achroocystes de l'endoderme que partout ailleurs. Les chloroplastides de ces sortes de cellules, fortement distendus, en été, sous la poussée de l'amidon, se contractent alors, en refoulant les granules vers le centre, de telle sorte que ceux-ci se trouvent finalement trop pressés les uns contre les autres pour qu'on puisse aisément en reconnaître les positions relatives. Le travail de réduction portant, en outre, à la fois sur tous les endochlorites d'une même cellule, lesquels se trouvent, de plus, généralement amassés alors en grumeau sur un point quelconque de la cavité cellulaire, le tout aboutit à la formation d'une masse d'apparence amorphe, plus ou moins imprégnée d'un pigment vert ou jaunâtre, parfois incolore, et parsemée, sans ordre apparent, de granules d'amidon punctiformes, qui se résorbent finalement eux-mêmes, chez certaines espèces, ou persistent, au contraire, chez d'autres, plus ou moins abondants, pendant tout le cours de la période hivernale.

On conçoit que, dans ces conditions défavorables, il est très malaisé de suivre le processus de régression des gra-

nules d'amidon considérés dans leurs rapports réciproques de position.

J'ai pu cependant, non sans peine, y saisir quelques indices des deux modes de régression intégrale ou périphérique, suivant les espèces.

II. Moelle.

Avant d'aborder l'étude des différents modes de résorption des grains d'amidon dans la moelle, il convient d'entrer dans quelques détails sur la façon dont ils s'y comportaient auparavant.

Produit direct, comme partout ailleurs dans la tige, de l'évolution de granules de nature protéique ou albuminoïde, on se rappelle que l'amidon médullaire apparaît de très bonne heure à l'extrémité des jeunes tiges en voie de croissance, répandu dans tout l'intérieur du canal, avec superproduction très ordinairement à la périphérie.

Il s'y maintient plus ou moins longtemps, puis diminue peu à peu, et se résorbe enfin entièrement, comme celui de l'écorce, à la hauteur des entre-nœuds de plus forte croissance, pour reparaître plus tard, une fois la croissance ralentie, soit dans toute l'épaisseur de la moelle, soit dans la couronne seulement, soit tout à la fois dans la couronne et dans certaines cellules plus ou moins spécialisées des autres régions médullaires (1).

Donc, trois catégories à établir, à ce point de vue, dans la distribution de nos espèceé. Nous les avons indiquses précédemment (p. 387 et suiv.). Il importe d'y revenir un instant.

1° L'amidon estival se répand assez uniformément dans toutes ou la plupart des cellules du cylindre médullaire, dont les parois, en pareil cas, peuvent rester minces (Citron-

(1) Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 208, d'après Guillard et A. Gris. — A. Gris, *Anatomie comparée de la moelle dans les Éricinées* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1870, p. 11).

nier, Myrsine d'Afrique, Laurier-Cerise, Pêcher, Vigne-Vierge, Fusain d'Europe), ou s'épaissir plus ou moins avec ou sans ponctuations, selon les espèces (Laurier-Tin, Aucuba, Laurier-Rose, Marronnier, Fusain du Japon, Chêne pédonculé, Lierre, Houx, Poirier, Pommier, Charme, Faux-Ébénier, Buis, Mahonia).

2° L'amidon ne se reforme que dans la couronne, ou ne tarde pas à s'y localiser, après une courte apparition dans les cellules centrales, dont les parois restent alors le plus souvent assez minces (Acacia, Aristoloche, Épine-Vinette, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Figuier, Frêne, Jasmin, Lilas, Noisetier, Noyer, Orme, Corète du Japon, Seringa, Genêt d'Espagne, Sureau, Obier, Vigne, Sumacs glabre et vénéneux).

3° Enfin, l'amidon peut se localiser plus ou moins tôt dans la couronne, et, à l'intérieur du canal, dans certaines cellules généralement de plus petit calibre, à parois souvent plus épaisses et ponctuées, lesquelles se montrent, tantôt isolées ou réparties par petits groupes (Sycomore, Staphylier, Arbre de Judée, Fustet), tantôt disposées en réseau (Tilleul, Rosier, *Ribes*).

Les cellules ainsi spécialisées appartiennent toutes ou la plupart à la catégorie des cyanocystes ou cellules colorables par le bleu d'aniline, bien que l'amidon puisse, chez certaines espèces, y être souvent remplacé, en hiver, par du tanin, substance qui se localise, au contraire, assez habituellement, comme nous le montrerons plus loin, dans les achroocystes de l'écorce.

Quand l'amidon estival se répand dans toute l'épaisseur de la moelle, soit qu'il s'y maintienne intégralement, ou qu'il s'y localise de la façon qui vient d'être dite, son apparition peut être simultanée ou à peu près (Charme, Lierre, Mahonia, Poirier, Cassis, etc., etc.), ou successive, dans l'ordre centripète ou dans l'ordre centrifuge, comme nous en avons donné quelques exemples page 389.

Ces traits généraux suffisamment indiqués, nous allons, pour un instant, nous reporter en arrière.

Il est presque inutile de constater que les plastides amylogènes ne tardent pas à s'éteindre, au sortir de la première phase de production, dans toutes les cellules de la moelle où l'amidon ne doit pas se régénérer par la suite. Ils persistent, au contraire, dans toutes celles où nous allons voir se former bientôt les granules de l'amidon d'été, mais sans se comporter tous ni toujours de la même façon.

Restés généralement incolores ou à peu près dès le début chez le Marronnier et le Fustet, ils s'imprègnent, au contraire, d'un pigment vert bien apparent, mais assez promptement évanescent dans la moelle ou la couronne de l'Épine-Vinette, de la Vigne-Vierge, du Baguenaudier, du Frêne, du Houx, du Laurier-Cerise, du Noyer, du Pêcher, du Sumac glabre et du Genêt d'Espagne,

Pigment nul aussi ou très fugitif dans la moelle du Citronnier, du Chalef à rameaux réfléchis, du Fusain du Japon, du Sumac vénéneux, du Petit-Houx et du Poirier.

La chlorophylle persiste plus longtemps, souvent jusqu'aux approches de l'hiver, dans la moelle du Charme, dans la couronne de l'Arbre de Judée, du Sycomore, du Buis, du Chèvrefeuille et du Rosier, et aussi, bien que généralement plus clairsemée, dans celles du Corète du Japon, du Laurier-Rose, du Lilas, du Mahonia, de l'Orme, du Pommier, du Sureau, de l'Obier et de la Vigne.

Enfin, ce n'est que dans la moelle d'un très petit nombre d'espèces (Fusain d'Europe, Lierre, Myrsine d'Afrique, Cassis, Groseillier, Chênes pubescent et pédonculé, Gui) (1), ou dans la couronne de quelques autres (Aucuba, Acacia, Aristoloche, Faux-Ébénier, Figuier, Jasmin, Laurier-Tin, Noisetier, Seringa, Staphylier, Tilleul), que j'ai pu constater la persistance, pendant la période hivernale, d'un petit nombre de plastides plus ou moins colorés en vert.

L'absence complète de pigment vert chez les plastides médullaires de certaines espèces, la faible imprégnation ou

(1) Chalon, *Botanique*, p. 175.

la prompte décoloration de beaucoup d'autres, résultent évidemment, — il est presque superflu de le faire remarquer, — d'une moindre pénétration des radiations lumineuses, et peut-être de l'oxygène atmosphérique (1), dans les régions profondes de la tige. Incolores ou plus ou moins promptement décolorés, ces mêmes plastides sont, en outre, généralement plus petits que ceux de l'écorce, double circonstance qui en rend l'étude plus difficile, et nécessite souvent à cet effet l'emploi de réactifs appropriés (iode, alcool et violet de gentiane).

On peut cependant assez aisément reconnaître, comme nous l'avons déjà donné à entendre, qu'ils se répartissent, comme ceux de l'écorce, en deux catégories bien distinctes, selon qu'ils se localisent, les uns dans des cellules non colorables par le bleu violet d'aniline ou le bleu de méthylène (achroocystes), les autres dans des cellules dont le contenu tout entier, ou parfois le noyau seulement (Lierre, Pommier), se laisse, au contraire, plus ou moins impressionner par les mêmes colorants (cyanocystes).

On retiendra, en outre, que ces derniers organites se montrent souvent, comme beaucoup de gymnochlorites, plus ou moins sensibles à l'action diffusive de l'eau, tandis que les autres, de la même nature que les endochlorites, y sont absolument insensibles.

Mes observations touchant les caractères différentiels des différentes sortes de plastides médullaires, qui seront pour nous, les uns des *gymnoplastides*, les autres des *endoplastides*, ces observations, dis-je, n'ont porté que sur un petit nombre d'espèces (Pommier, Poirier, Rosier et Mahonia), mais elles ont été partout concordantes.

Retenons, par exemple, l'examen d'une série de coupes médianes pratiquées, en juillet 1895, sur toute la hauteur de la moelle, dans une tige de Mahonia, visiblement lignifiée à la base.

(1) W. Palladine, *Recherches sur la formation de la chlorophylle dans les plantes* (Rev. gén. de Bot., t. IX, p. 394).

Aux entre-nœuds inférieurs où l'amidon d'été a déjà fait son apparition, les plastides amylacés de la moelle, observés dans l'alcool, présentent tous à peu près le même aspect. Traités, au contraire, par la solution aqueuse du bleu violet d'aniline, il ne se produit aucune modification sensible dans les allures des plastides amylacés stables, non colorables, des achroocystes, tandis que ceux des cyanocystes entrent de suite en diffusion, leur substance se répandant dans la cavité cellulaire sous forme d'un nuage granuleux bleuâtre, avec mélange de granules d'amidon incolores que l'eau a mis en liberté.

Mêmes caractères différentiels, en remontant plus haut, dans les entre-nœuds dont les plastides n'ont pas encore commencé à reconstituer leur amidon, et de même jusqu'au point où, suffisamment rapprochés du cône végétatif, ils apparaissent, un peu plus stables, portant encore quelques traces des granules de leur amidon primordial en voie d'évolution régressive; par où l'on voit que ces organites acquièrent leurs propriétés diffusives d'assez bonne heure, comme la plupart des gymnochlorites de la même série (Série *C*, voir plus haut, p. 372).

Au cône même toutes les cellules regorgent d'amidon.

Je n'ai point de remarques spéciales à présenter sur les divers modes de régénération estivale des granules d'amidon dans les plastides médullaires. Il m'a paru que les choses s'y passaient de la même façon que chez les chloroplastides de l'écorce : — formation sporadique chez les uns, latérale ou périphérique chez les autres, — bien que la marche des phénomènes y soit d'une observation plus difficile, en raison des circonstances notées plus haut, et de l'état de dégradation déjà assez avancé des plastides médullaires en général, au sortir de la période de régression de l'amidon primordial.

Nous donnerons, au contraire, quelque attention à l'étude des phénomènes de la résorption de l'amidon chez ces mêmes plastides, ce qui nous fait rentrer, après un assez

long détour, mais nécessaire, dans le titre du présent paragraphe. Nous les considérerons d'abord et surtout chez ceux de ces organites que nous désignons sous le nom d'endoplastides, en raison de leurs analogies fonctionnelles ou autres avec les endochlorites, et que nous répartissons, comme ceux-ci, au point de vue de la résorption, en deux séries, selon qu'ils ne contiennent qu'un seul grain d'amidon ou qu'ils en contiennent plusieurs.

1° *Endoplastides à grains d'amidon simples.* — La résorption des grains d'amidon simples peut s'opérer de deux façons différentes :

a. — Les grains diminuent peu à peu de volume, tout en conservant leur forme, leur consistance, leur réfringence normales, jusqu'au moment où ils se trouvent réduits, avec leurs plastides formateurs, à l'état de petites masses granuleuses, qui finissent souvent par se fondre elles-mêmes dans le milieu ambiant.

Dans ce premier cas, la résorption est égale et centripète.

b. — La résorption peut débuter, au contraire, chez certains granules, dans l'intimité même de leur substance, ce qui en modifie promptement la consistance et l'aspect. Les granules se corrodent, en pareil cas, sur un ou plusieurs points à la fois, se fissurent dans différents sens (résorption locale) (1), ou pâlissent et s'effacent, soit graduellement, d'un pôle à l'autre, soit uniformément, dans toute leur masse (résorption intégrale), en laissant souvent, contre les parois des cellules, une sorte de résidu squelettique, lui-même plus ou moins fugace.

2° *Endoplastides à grains d'amidon multiples ou composés.* — Chez les endoplastides de cette seconde catégorie, nous distinguerons quatre modes principaux de résorption :

a. Rétraction concentrique. — Au lieu de se porter à la périphérie du plastide, comme il arrive chez la plupart des endochlorites à grains d'amidon multiples lâchement inclus

(1) Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 107. — Baillon, *Dict. de Bot.*, t. I, p. 148.

dans la masse, on voit, au contraire, dans ce premier mode de résorption, les granules d'amidon d'un même groupe se contracter lentement en un petit amas central, qui diminue peu à peu de volume en prenant ordinairement, dans son ensemble, une forme étoilée ou en rosace.

La substance protéique interstitielle, reste du plastide formateur, qui continue, pendant quelque temps encore, de tenir les granules unis entre eux, est facilement colorable par les réactifs iodés, le rouge d'aniline formolisé, l'alcool et le violet de gentiane, et elle finit par se réduire, avec les restes de ses enclaves amylacées, en une très petite masse de substance finement granuleuse, elle-même persistante ou plus ou moins fugace.

Quant à la fusion individuelle des granules, elle s'opère, le plus souvent, en pareil cas, par résorption égale, accompagnée, parfois, d'un changement de forme, tels que ceux que j'ai vus s'amincir d'abord en fuseaux, dans la moelle du Houx.

Ce premier mode de résorption s'observe communément chez les groupes amylacés dont les éléments, assez nombreux et de petit ou médiocre volume, sont lâchement disposés dans le sein des plastides. Ceux qui nous restent à étudier affectent plus spécialement les groupes à granules plus volumineux, accolés en plus petit nombre les uns aux autres dans la masse commune, suivant des surfaces planes.

b. Résorption sur place. — Les granules d'amidon gardent ici jusqu'à la fin leurs positions relatives dans les restes plus ou moins longtemps persistants du plastide, chacun d'eux se résorbant sur place, suivant l'un des deux modes indiqués plus haut sous les noms de résorption intégrale et locale. Même emploi des réactifs.

c. Dislocation. — Les granules constituants de chaque groupe, mis en liberté par la fusion préalable, plus ou moins complète, de leur plastide formateur, se répandent dans la cavité cellulaire, où ils achèvent de se résorber par dissolution intégrale, égale ou locale.

Il arrive souvent, en pareil cas, et dans le cas aussi de résorption sur place, que les groupes amylacés d'une même cellule se condensent finalement en un seul ou plusieurs amas de substance granuleuse, parmi laquelle on voit persister, pendant quelque temps, les débris squelettiques de certains granules en voie de résorption plus ou moins avancée.

d. Élimination. — Enfin, il peut se faire que le groupe amylacé se résorbe par dissolution, non plus simultanée, mais graduelle et successive, jusqu'à extinction complète de ses éléments constituants.

Les quatre modes de résorption qui viennent d'être analysés, sont loin de s'exclure les uns les autres chez les endoplastides d'une même espèce. C'est ainsi que j'ai rencontré, chez le Pommier, en octobre 1896, dans des cellules médullaires voisines ou dans la même cellule, des groupes amylacés qui se montraient simultanément en voie de résorption par dislocation ou par rétraction concentrique. De même dans la moelle du Poirier, du Laurier-Cerise et du Houx, dans la couronne du Frêne, du Corète du Japon, du Faux-Ébénier, du Sycomore, etc., etc.

Ailleurs, c'est le mode de résorption par rétraction concentrique qui paraît prédominer, comme dans la moelle des Fusains d'Europe et du Japon, du Tilleul, du Mahonia, de l'Aristoloche, du Cassis, du Groseillier, du Buis et du Charme, dans la couronne du Noisetier, du Noyer, du Jasmin, du Lilas, du Laurier-Tin, du Seringa, du Sureau et du Genêt d'Espagne.

J'ai trouvé de bons exemples des deux modes de résorption, — par corrodation sur place, dans la moelle du Poirier et la couronne de l'Orme (6 Novembre 1896), — et par dislocation, chez le Sycomore, le Faux-Ébénier, le Poirier et le Pommier (octobre 1896).

On peut encore étudier le phénomène de la dislocation avec corrodation ou fusion égale des granules mis en liberté, chez le Lierre, le Citronnier, le Pêcher, le Marronnier, le

Staphylier, etc., etc., ainsi que chez certaines espèces, telles que le Chèvrefeuille, l'Orme, le Baguenaudier, l'Acacia, l'Épine-Vinette, la Vigne-Vierge et l'Obier, où l'on ne trouve plus guère, en automne, à la périphérie du canal médullaire, que des grains d'amidon originairement simples ou provenant de groupes disloqués.

Le mode de résorption par éliminations successives est, de beaucoup, le moins fréquent de tous ceux que j'ai pu observer. A citer, parmi les rares espèces où je l'ai rencontré : Laurier-Rose, Baguenaudier, Faux-Ébénier et Poirier.

On doit se rappeler que nous avons constaté la persistance plus ou moins prolongée des plastides chlorophylliens, après la résorption totale ou partielle de l'amidon, dans la moelle ou la couronne de certaines espèces. Généralement localisés dans les achroocystes des mêmes régions, ces sortes de plastides s'amassent alors le plus souvent autour du noyau en une masse verdâtre ou jaunâtre à éléments granuleux peu distincts.

Il peut se faire, cependant, que la chlorophylle persiste, en pareil cas, sous forme de petits granules amylacés teintés de vert, inclus dans une masse granuleuse incolore, comme je l'ai observé, en janvier 1897, dans la couronne de l'Acacia, de l'Aristoloche, du Faux-Ébénier, du Figuier et du Noisetier.

Nous ne nous sommes occupé, dans les paragraphes précédents, des différents modes de résorption de l'amidon médullaire que dans leurs rapports avec cette catégorie d'organites que nous désignons sous le nom d'endoplastides. En ce qui concerne les gymnoplastides, ou plastides propres des cyanocystes, nous avons cru remarquer que leurs enclaves amylacées, simples ou multiples, se dégagent très généralement, au cours de leur évolution estivale, des corpuscules protéiques où ils ont pris naissance, de telle sorte qu'on se trouve finalement en présence d'un amas de granules simples, très diversement distribués dans leurs cellules respectives, et dont la fusion s'opère indistinctement, pour chacun d'eux.

suivant l'un quelconque des modes de résorption propres à cette dernière catégorie de granules.

En résumé, à quelque catégorie qu'ils appartiennent, les amyloplastides, incolores ou décolorés de la moelle, — et ce sont, de beaucoup, les plus nombreux, — ne laissent plus après eux, à la fin de leur évolution estivale, dans les cellules restées vivantes, qu'un résidu granuleux, entremêlé ou non, suivant les espèces, de grains d'amidon plus ou moins intacts, et où il est devenu très difficile, aussi bien dans l'un que dans l'autre cas, d'identifier les restes profondément altérés des plastides primordiaux.

De là cette conclusion que, dans la plupart des cellules médullaires où il doit réapparaître par la suite, et à quelque époque qu'elle se produise, la régénération de l'amidon ne pourra plus s'opérer désormais que par formation libre ou par réviviscence de certaines particules persistantes de ces mêmes plastides.

III. — Tissus incolores du cylindre libéro-ligneux.

Bien que mes observations, en ce qui concerne cette sorte de tissus, n'aient été ni assez précises, ni assez multipliées pour qu'on puisse y asseoir des conclusions fermes, il nous a paru que l'amidon d'été s'y résorbe de la même façon et par les mêmes procédés que dans les tissus incolores ou décolorés de la moelle.

Il ne nous resterait plus, dans l'ordre de faits qui vient d'être étudié, qu'à signaler un dernier mode de régression des granules d'amidon en automne. Je veux parler du phénomène de dégénérescence huileuse dont certains d'entre eux peuvent être affectés à cette époque. Nous aurons occasion d'y revenir par la suite.

(*A suivre.*)

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME

Anatomie des Primulacées, par M. E. Decrock 1
Contribution à l'étude des Simarubacées, par M. F. Jadin 201
Contribution à l'étude de la fécondation chez le *Ginkgo biloba*, par M. S. Ikeno 303
Sur l'évolution de la chlorophylle et de l'amidon dans la tige de quelques végétaux ligneux, par M. J. d'Arbaumont 319

TABLE DES PLANCHES

ET DES FIGURES DANS LE TEXTE CONTENUES DANS CE VOLUME

Planche I. — Branche de *Soulamea*.
Planches II et III. — Fécondation du *Ginkgo biloba*.
Figures dans le texte 1 à 92. — Structure des Primulacées.
Figures dans le texte 1 à 57. — Structure des Simarubacées.

TABLE DES ARTICLES

PAR NOMS D'AUTEURS

Arbaumont (J. d'). — Sur l'évolution de la chlorophylle et de l'amidon dans la tige de quelques végétaux ligneux 319
Decrock (E.). — Anatomie des Primulacées 1
Ikeno (S.). — Contribution à l'étude de la fécondation chez le *Ginkgo biloba* 303
Jadin (F.). — Contribution à l'étude des Simarubacées 201

Corbeil. — Imprimerie Ed. Crété.

MASSON et Cie, Éditeurs, 120, Boulevard Saint-Germain, Paris.

La Géographie

BULLETIN

DE LA

Société de Géographie

PUBLIÉ TOUS LES MOIS PAR

le Baron HULOT
Secrétaire général de la Société

et M. Charles RABOT
Secrétaire de la Rédaction

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 JANVIER 1901

A.-G. Nathorst, de l'Académie Royale des Sciences de Suède. — Le loup polaire et le bœuf musqué dans le Grönland oriental. Notes de géographie zoologique (*avec quatre figures dans le texte*).
Comte Henri de La Vaulx. — La Patagonie (*avec six figures*).
J. Giraud. — Le problème de Tanganyika, d'après M. Moore.
M. Chesneau. — La mission du capitaine Wœlffel. Itinéraires et résultats scientifiques (*avec quatre figures dans le texte*).
J. Deniker. — Voyage de M. Kozlov en Asie centrale (*avec une carte hors texte*).
J. Giraud. — L'érosion glaciaire, d'après le professeur W. M. Davis.
Mouvement Géographique. — Les ports danois. Phénomènes de capture dans la Norvège occidentale. Exploration botanique de l'Albanie. L'œuvre de l'Institut géographique de l'armée roumaine. Superficie des bassins hydrographiques et longueur des rivières de la Serbie. État d'avancement des travaux cartographiques dans l'Inde. Le tremblement de terre de l'Inde en 1897. L'œuvre cartographique de la mission de Bonchamps. Voyage de Sir Harry Johnston dans l'Ouganda. Résultats des explorations géologiques et géographiques du Geological Survey dans l'Alaska en 1898. Géologie de la Sibérie septentrionale et des îles de la Nouvelle Sibérie.
Bibliographie.
Actes de la Société.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 FÉVRIER 1901

E. Colin. — Deux missions scientifiques sur les côtes orientale et occidentale de Madagascar (*avec quatre figures dans le texte*).
Julien. — De Ouango à Mobaye par les pays n'sakara et boughou (*avec une carte hors texte et trois figures dans le texte*).
Charles-Eudes Bonin. — Voyage de Pékin au Turkestan russe par la Mongolie, le Koukou-nor, le Lob-nor et la Dzoungarie.
J. Huber et von Kraatz-Koschlau. — Entre l'Océan et le Rio Guama (*avec une carte dans le texte et quatre figures*).
L. Barré. — L'Atlas climatologique de l'Empire de Russie.
Mouvement Géographique. — Rectification de la frontière franco-suisse. Mission de la *Vienne* sur la côte de Bretagne. Explorations souterraines de M. N. Fout y Sagué en Catalogne. Travaux de la Société de Géographie de Roumanie. La flore de la Suède et les variations de climat (*avec une figure dans le texte*). La population actuelle de la Suisse, d'après le dernier recensement fédéral. Exploration du Dr Sven Hedin en Asie centrale. Voyage de M. E. de Cholnocky en Chine et en Mandchourie. La flottille à vapeur du haut Congo. Nouveau chemin de fer en Afrique. Le problème du Wam. Le recensement de 1900 aux États-Unis. Délimitation des frontières entre les républiques de Colombie et de Costa-Rica (*avec deux figures dans le texte*). Revision de l'arc du méridien de Quito. Une exploration océanographique en hiver.
Actes de la Société.

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

Paris : 24 francs. — Départements : 26 francs. — Étranger: 28 francs. — Prix du numéro : 2 fr. 50.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE CAHIER

Anatomie des Primulacées *(suite et fin)*, par M. E. Decrock... 65
Contribution à l'étude des Simarubacées, par M. F. Jadin.... 201
Contribution à l'étude de la fécondation chez le *Ginkgo biloba*. par M. S. Ikeno..... 303
Sur l'évolution de la chlorophylle et de l'amidon dans la tige de quelques végétaux ligneux, par M. J. d'Arbaumont..... 319
Table des Matières contenues dans le tome XIII..... 424
Table des Planches et Figures dans le texte..... 424
Table des Articles par noms d'auteurs..... 424

TABLE DES PLANCHES ET DES FIGURES DANS LE TEXTE

CONTENUES DANS CE CAHIER

Planche 1. — Branche de *Soulamea*.
Planches 2 et 3. — Fécondation du *Ginkgo biloba*.
Figures dans le texte 39 à 92. — Structure des Primulacées.
Figures dans le texte 1 à 57. — Structure des Simarubacées.

5974-99 — Corbeil. Imprimerie Ed. Crété.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME XIV. — Nos 1-2-3.

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain

1904

PARIS, 30 FR. — DÉPARTEMENTS ET ÉTRANGER, 32 FR.
Ce cahier a été publié en juillet 1904.
Les *Annales des Sciences naturelles* paraissent par cahiers mensuels.

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. Ph. Van Tieghem

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XIII sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. Edmond Perrier.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à X sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. Hébert, et pour la partie paléontologique, par M. A. Milne-Edwards.

Tomes I à XXII (1879 à 1891). Chaque volume ..... 15 fr.

Cette publication est désormais confondue avec celle des *Annales des Sciences naturelles*.

Prix des collections.

Première série (Zoologie et Botanique réunies),		30 vol.	(*Rare*).
Deuxième série (1834-1843).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Troisième série (1844-1853).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Quatrième série (1854-1863).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Cinquième série (1864-1874).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Sixième série (1875 à 1884).	Chaque partie	20 vol.	250 fr.
Septième série (1885 à 1894).	Chaque partie	20 vol.	300 fr.
Géologie, 22 volumes.			330 fr.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

CORBEIL. — IMPRIMERIE ÉD. CRÉTÉ.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME XIV

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1901

Droits de traduction et de reproducti n réservés.

SUR L'ORIGINE ET LA PROPAGATION

DE

LA ROUILLE DES CÉRÉALES

PAR LA SEMENCE [1]

Par M. JAKOB ERIKSSON

(TRADUIT EN FRANÇAIS PAR MLLE SIGNE ERIKSSON)

INTRODUCTION HISTORIQUE

A partir du temps où sont devenus plus ardents et sérieux les efforts pour apprendre à connaître la nature et la source de la rouille, une question de haute importance s'est présentée à plusieurs reprises devant les yeux des savants, c'est-à-dire, si la maladie pourrait bien provenir de et se propager par la semence.

Il y a maintenant cent cinquante ans (1751) qu'un auteur anglais, Jethro Tull (Conf., II, 20) se prononça là-dessus de la manière suivante : « Il y a des gens qui croient qu'un gros grain de Blé produit une plante plus forte et grande qu'un grain plus petit, mais les expériences que j'ai gagnées dans le cours des années me permettent d'affirmer

(1) Ce travail forme le soixante-cinquième numéro de la série de publications : *Meddelanden från Kongl. Landtbruks-Akademiens Experimentalfält* [Communications du Champ d'Expériences de l'Académie royale d'agriculture, Stockholm].

le contraire. Aussi les cultivateurs, en général n'ignorant point ce fait, choisissent-ils le Blé qui a les plus petits grains. Par conséquent ils préfèrent une semence rouillée. » Une opinion toute contraire est énoncée vers la fin du même siècle (1795) par un autre savant anglais, J. Sinclair (Farm., I, 228). Celui-ci est d'avis que, pour empêcher la propagation de la rouille des céréales, « il est certainement nécessaire de n'employer que la meilleure semence et surtout de n'avoir bien garde d'employer une semence rouillée. Alors on pourrait aussi, avec quelque sacrifice peut-être, il faut l'admettre, obtenir une moisson intacte ».

Une dizaine d'années plus tard (1805), on voit le président de l'Académie royale d'Angleterre (The Royal Society), Joseph Banks (I, 13), homme très éminent et estimé pendant ce temps-là, recommander l'emploi de semences de Blé attaquées de rouille. Il ne les juge pas seulement aussi bonnes que les semences les plus intactes et nourries, mais, à certains égards, encore meilleures. C'est que, dans un boisseau (bushel) de Blé fort rouillé, les grains sont plus nombreux d'un tiers au moins que dans un tel boisseau rempli de semence nourrie. Ainsi, 3 boisseaux de Blé rouillé suffiraient aussi bien que 4 boisseaux de Blé tout intact. Il fondait ses opinions principalement sur des recherches exécutées avec 80 grains de Blé, attaqués par la maladie en question. Il les avait semés dans des pots à fleurs, placés dans une pièce chaude, et de 78 d'entre eux étaient provenues des plantes toutes saines.

Contre les conseils donnés par Banks, s'élevait néanmoins sous peu, dans la presse agricole de l'Angleterre, une opposition très décidée et quelquefois assez acerbe (Farm. I, 226). On prétendait que si les conseils nommés tout à l'heure étaient suivis, cela aurait à coup sûr les conséquences les plus ruineuses pour les cultivateurs pratiques.

Mais ce ne fut pas seulement du côté des cultivateurs pratiques, mais aussi des botanistes que cette opinion de Banks rencontra une vive opposition. Le célèbre botaniste suisse

A.-P. de Candolle (I, 56-74) publiait quelques années plus tard (1807) des études approfondies et étendues sur les champignons parasites en général, leur manières de vivre et de subsister d'année en année. Par des observations minutieuses, visant en partie la manière d'apparition de certaines formes de champignon sur les plantes nourricières attaquées, en partie la distribution de stomates sur ces plantes-ci, de Candolle est arrivé à l'opinion suivante : L'apparition de la rouille dans les céréales aussi bien que dans d'autres plantes qu'attaque cette maladie, ne peut certainement pas dépendre de ce que le croit Banks, qui prétend que les graines du champignon entrent dans les feuilles par les stomates. A de Candolle il paraît bien plus probable que ces germes tombent à terre à leur maturité, se mèlent avec le terreau, sont entraînés par la sève aspirée, entrent dans les racines, montent le long du corps ligneux par les vaisseaux séveux, arrivent avec la sève dans les parties herbacées, la tige et les feuilles ; que là, trouvant enfin une position ou une nourriture convenable, ces germes se développent. Ce n'est qu'au moyen d'une telle théorie, qu'il juge possible d'expliquer certains faits, observés par lui.

Il avait vu pendant plusieurs années deux jardins, séparés seulement par un espace de quelques toises, dont l'un avait chaque année tous les poiriers infestés d'une forme de rouille (*Roestelia cancellata*), tandis que l'autre avait tous ses poiriers sains.

Il avait aussi observé un pied d'*Erythronium* envahi de rouille (*Aecidium Erythronii*), qu'on avait enlevé avec la motte et qu'on avait transporté à un quart de lieue de distance, dans une orangerie ; l'année suivante, les nouvelles feuilles de cette plante étaient attaquées de la même forme de rouille que celles de l'année précédente.

Il y avait encore une chose bien caractéristique à remarquer ; c'est que les champignons parasites ont chaque année une époque fixe où ils apparaissent, et l'on voit ainsi qu'ils

demandent un certain degré de développement dans la plante nourricière.

Et enfin, comment pourrait-on bien, en ce cas, demande-t-il, expliquer suffisamment l'apparition des premières traces d'une forme de rouille quelconque. Il n'y avait eu aucun pied malade d'où eussent pu se propager par le vent des germes contaminants. Ainsi on ne peut que supposer qu'un germe de maladie était entré, l'année précédente, dans la plante, dans l'intérieur de laquelle il s'était développé.

Une opinion semblable se rencontre quatorze ans plus tard (1821) chez notre grand compatriote Elias Fries (I, 30-39). Celui-ci croit que l'origine de la rouille est à chercher dans un état de maladie chez la plante elle-même. Au bout de vingt-cinq ans (1846), un mycologiste anglais, aussi très distingué, M. J. Berkeley (Massee, I, 337) dit que le mycélium des champignons, attaquant les Céréales, se trouve dans les grains dès leur première période, mais qu'il ne se développe que sous des conditions bien favorables. Ainsi tous les deux sont d'avis que la rouille des Céréales est une maladie héréditaire.

Plus récemment, c'est-à-dire à partir de 1860, on est venu plusieurs fois à traiter la question qui concerne la propagation de la rouille par la semence, par le rhizome, etc. Alors on s'est occupé des plantes en général, et non pas seulement des Céréales. Ou bien on a pensé qu'une telle propagation se produit de la manière suivante : les spores du champignon qui a causé la maladie sont emportées avec le grain, etc., germent, se développent en même temps que celui-ci et infestent ensuite les jeunes plantes poussantes. Ou bien — et voilà ce qui est le plus ordinaire — on a cru que l'organe vivace de la plante cache dans son intérieur un mycélium de champignon, continuant de vivre d'année en année.

En 1861, L.-R. Tulasne (II, 141) dit qu'un mycélium hibernant est la source d'où proviennent chaque année les

Aecidium Euphorbiæ sylvaticæ DC., *Aecidium Cyparissiæ* DC., *Uromyces scutellatus* Lév., *Puccinia Anemones* P. et *P. Adoxæ* DC. Dans les pieds d'*Euphorbia Cyparissiæ*, par exemple, envahis par l'*Aecidium Cyparissiæ*, on trouve les bourgeons du rhizome entièrement envahis de mycélium. Ses filaments sont composés de cellules assez courtes, munis de nombreux rameaux et répandus partout dans le jeune tissu, pénétrant jusque dans le *punctum vegetationis* et émettant des branches dans les feuilles récemment formées. Les filaments qui sont enfermés dans la tige cessent bientôt de se ramifier et demeurent stériles; ceux qui sont contenus dans les feuilles offrent la ramification vigoureuse et produisent le fruit connu de l'espèce.

Deux ans plus tard (1863), A. de Bary (I, 91, etc.) dit avoir trouvé un mycélium analogue dans les *Aecidium Tragopogonis* sur le *Tragopogon pratense*, *Endophyllum Sempervivi* sur le *Sempervivum tectorum*, *Aecidium Cyparissiæ* sur l'*Euphorbia Cyparissias*, *Puccinia Anemones* et *Aecidium leucospermum*, tous les deux sur l'*Anemone nemorosa*, et enfin *Peridermium elatinum* sur l'*Abies pectinata*. Les rhizomes des *Anemone nemorosa*, dont les feuilles portent les fruits du *Puccinia Anemones*, montrent au microscope le mycélium du parasite contenu dans le parenchyme qui entoure les faisceaux vasculaires. Examinés au microscope, des *Abies pectinata*, envahis par le *Peridermium elatinum*, montrent le parenchyme cortical des pousses malades hypertrophié, le nombre de ses cellules anormalement augmenté, et les canaux intercellulaires parcourus par un mycélium d'Urédinée très développé. Quant à l'*Aecidium Cyparissiæ*, envahissant l'*Euphorbia Cyparissiæ*, de Bary n'a pas pu distinguer son mycélium dans le rhizome hospitalier, parce que les cellules de celui-ci sont entièrement remplies d'amidon. Cependant le mycélium abonde dans les jeunes tiges poussées par le rhizome, quand elles ont à peine 2 millimètres de longueur.

Un peu plus en détail, de Bary (II, 20, etc.) décrit,

deux ans plus tard (1865), le mycélium de l'*Endophyllum Sempervivi* sur des espèces du genre *Sempervivum* et celui de l'*Endophyllum Euphorbiæ* sur l'*Euphorbia amygdaloides*. Les spermogonies et les aecidies, qui, au printemps, apparaissent dans les feuilles vivaces de *Sempervivum*, proviennent d'un mycélium qui, s'étendant des feuilles infectées le printemps précédent, a pénétré dans la tige et envahi les jeunes feuilles récemment formées. Dans l'*Euphorbia amygdaloides*, au contraire, le mycélium continue de vivre dans le rhizome pendant tout l'hiver, monte, au printemps de l'année suivante, dans les nouvelles rosettes de feuilles pour produire enfin, après une année ou deux, le fruit de l'espèce.

A partir de ce moment-ci, nous rencontrons dans la littérature, surtout pour ce qui concerne les plantes vivaces, — plantes herbacées aussi bien qu'arbustes et arbres, — de nombreuses indications au sujet d'un mycélium hibernant, comme la source de l'apparition de la rouille dans les pousses et les feuilles nouvelles. Ainsi — pour en noter quelques exemples — E. Rostrup (I, 343) dit en 1874 que la première génération d'urédospores du *Puccinia suaveolens* sur le *Cirsium arvense* provient d'un mycélium qui s'étend dans la plante tout entière et pénètre jusque dans la tige souterraine et la racine. Cette année même, P. Nielsen (I, 493) prétend que le mycélium du *Puccinia straminis* — il est à supposer qu'il s'agit ici de celui auquel nous avons donné le nom de *Puccinia glumarum* — passe l'hiver dans les feuilles de la plante nourricière (le Blé), et en 1875 P. Magnus (I, 674) parle du mycélium d'une forme de *Puccinia* sur le *Centaurea Cyanus*. Il dit que ce mycélium envahit la plante tout entière. Deux ans plus tard (1877), ce dernier admet l'existence d'un tel mycélium même pour le *Puccinia Oreoselini* sur le *Peucedanum Oreoselinum* (II, 3). En 1878, E. Hallier (I) signale un mycélium pour le *Puccinia rubigo-vera* — probablement notre *P. bromina* — sur les *Bromus mollis* et *B. racemosus*, et en 1879 J. Schroeter (I, 53, etc.) dit l'avoir trouvé dans les *Coleosporium Ledi*, sur le

Ledum palustre, *Aecidium albescens* et *Puccinia Adoxæ*, tous les deux sur l'*Adoxa Moschatellina*, *Uromyces Trifolii* sur le *Trifolium repens*, *Puccinia Tragopogonis* sur le *Tragopogon pratense*, *P. Podospermi* sur des espèces du genre *Podospermum*, *Aecidium Sii-Falcarii* sur le *Falcaria vulgaris*, *Puccinia Thlaspeos* sur des espèces du genre *Thlaspi*, etc. Schroeter est même disposé à admettre un mycélium, ordinairement vivace, à chacune des espèces des groupes *Euuromyces* et *Eupuccinia*, dont toutes les phases du développement des spores se produisent dans une seule et même plante nourricière.

Un mycélium, pénétrant plus ou moins la plante hospitalière, est indiqué comme le porteur de la vie du champignon d'une période de végétation à l'autre. Ainsi ce fait a été signalé en 1880 par A.-B. Frank (I, 495) pour le *Caeoma pinitorquum* sur le *Pinus silvestris;* en 1886 par J. Müller (I, 728) pour les *Uredo æcidioides* sur des *Rubus* et *Phragmidium subcorticium* sur des *Rosa;* en 1887 par P. Dietel (I, 185) pour le *Phragmidium obtusum* sur le *Potentilla reptans*, par Schroeter (II, 372, etc.) pour les *Chrysomyxa Abietis* et *Aecidium strobilinum*, tous les deux sur l'*Abies excelsa*, *Aecidium Magelhænicum* sur le *Berberis vulgaris*, et *Peridermium Pini* sur le *Pinus silvestris*, et par A. Barclay (I) pour le *Puccinia Rosæ* sur des *Rosa;* en 1889, par R. Hartig (I, 130) et par C.-B. Plowright (I, 232) pour les *Gymnosporangium* sur des *Juniperus*, et encore par ce dernier (I, 158, etc.) pour le *Puccinia Menthæ* sur des *Mentha*, *P. ægra* sur des *Viola*, *P. Vincæ* sur le *Vinca major*, *P. Betonicæ* sur le *Betonica officinalis*, *P. Schneideri* sur le *Thymus Serpyllum*, *P. Bunii* sur le *Conopodium denudatum*, *P. Thalictri* sur des *Thalictrum*, etc.; et en 1890, par F.-C. Newcombe (I, 106) pour le *Caeoma nitens* sur des *Rubus*, etc.

A peu d'exceptions près — comme par exemple le *Caeoma nitens*, nommé tout à l'heure — ce mycélium vivace n'est, dans les cas cités ainsi que plus tard dans ceux qu'on

rencontre pendant les dix années suivantes, que très succinctement décrit. Quelquefois on ne fait que signaler la présence d'un tel mycélium ou bien avouer la nécessité d'en admettre un, quoiqu'on n'ait pas pu le suivre et le montrer à l'aide du microscope.

De nos jours, c'est chez J. Eckert (I, 507, etc.) que nous rencontrons, en 1874, la première indication tendant à jeter de la lumière sur la question de la propriété des grains rouillés d'être employés comme semence. En même temps il touche à l'important problème de la propagation possible de la rouille par la semence quand il s'agit des plantes — annuelles ou bisannuelles — qui ont l'habitude de se propager par les graines. Dans son rapport, Eckert parle d'essais exécutés parallèlement avec des grains de Blé ratatinés et avec de tels grains bien nourris. Ces essais avaient démontré que ceux-là aussi bien que ceux-ci donnaient naissance à des plantes d'apparence toute normale. Les pieds, nés des grains ratatinés, furent néanmoins un peu plus petits et plus frêles que les autres. Après trente jours, le poids moyen était pour ceux-là de $0^{gr},091$ à $0^{gr},132$ et pour ceux-ci de $0^{gr},270$. Pourtant on n'a trouvé, par ces recherches, aucune solution satisfaisante de la question qui tend à faire savoir si des grains ratatinés et rouillés résultent à la fin des pieds malades.

Quelques années plus tard, en 1877, F. Körnicke (I, 18) fait mention de quelques essais exécutés par lui. Il avait semé, au printemps 1875, dans le jardin d'essais à Poppelsdorf, près Bonn, des graines de Lin commun (*Linum usitatissimum*), reçues du Jardin botanique de Copenhague. Les pieds qui provenaient de ces graines-ci se trouvaient, vers le milieu de l'été, entièrement envahis par la rouille (*Melampsora Lini* Tul., var. *liniperda* Kcke), tandis qu'aucune autre des planches ensemencées avec du Lin ne montrait de traces de cette forme de rouille. Le *Linum catharticum* lui-même restait tout à fait indemne. L'année suivante (1876), il avait fait des essais analogues avec un nouvel envoi de graines

qu'on avait fait venir de Copenhague ; le résultat en avait été le même.

En Angleterre, M.-C. Cooke (Smith, I, 183) dit avoir vu pousser dans un jardin à Hampstead (Middlesex), côte à côte, des pieds de céleri (2 à 3 rangs) parfaitement indemnes et sains et (1 à 2 rangs) de tels pieds entièrement envahis par la rouille du céleri, *Puccinia Apii* Corda, et n'étant ainsi plus bons à rien. Ceux-là résultaient de la semence récoltée sur place l'année précédente, tandis que ceux-ci provenaient de graines reçues d'un ami. Celui-ci avait semé lui-même de la récolte dont il avait envoyé une portion à son ami, et en s'informant auprès de lui on a éprouvé que lui aussi avait reçu des pieds de céleri malades. Les pieds sains qui se trouvaient dans le jardin à Hampstead restaient indemnes pendant toute la saison.

En 1884, W.-G. Smith (II, 120) fait savoir qu'un agriculteur anglais lui avait envoyé un échantillon de pieds d'œillets (variété : Sweet William), attaqués de rouille. La semence était importée directement du Japon, et les plantes avaient été élevées avec soin dans des bâches vitrées. Aussitôt levées, elles se trouvaient entièrement envahies, et la forme de rouille qu'elles portaient fut indiquée comme le *Puccinia Lychnidearum*. En examinant au microscope quelques-unes des graines de la semence en question, on a réussi à découvrir un mycélium de champignon, contenu dans le tégument qui entoure l'embryon.

Tout de même Smith (I, 184) signale la rouille des Céréales comme une maladie héréditaire. Il faut, dit-il, que dans des grains récoltés de pieds malades le germe de la maladie existe sous un état finement atténué (finely attenuated, p. 183), même peut-être tout à fait latent. Ce germe, poursuit-il, peut continuer à vivre durant un temps indéfini de génération en génération (p. 180). Par conséquent, on ne doit pas employer pour semence des grains provenant de pieds malades (p. 200), puisque ceux-ci cachent dans l'intérieur de tous leurs organes des germes latents de maladie

(p. 198). Ainsi les marchands de grains devaient garantir que la semence qu'ils vendaient était récoltée de champs absolument indemnes. S'ils le faisaient, les pertes causées par la rouille seraient peu à peu sensiblement diminuées (p. 201).

L'année suivante, Smith (III, 245) publie un mémoire dans lequel nous trouvons une figure, représentant la partie d'un grain d'Avoine où se voient des téleutospores sous la couche des cellules de gluten. Il suppose ici que le mycélium de l'Urédinée a poussé en haut en même temps que le mycélium d'une Ustilaginée. Le hasard voulut qu'il fît cette découverte, en cherchant dans de jeunes grains d'Avoine les premières phases de développement d'un mycélium d'Ustilaginée. Cela arriva en 1884, au mois de juin.

Dans l'Amérique du Nord aussi bien qu'en Australie, on a fait, quelques années plus tard, des essais dans le but d'apprendre à connaître la faculté germinative de grains rouillés. En Amérique, ces recherches se faisaient à « Ontario Agricultural College » en 1888 (Pfl.-Krankh, I, 294) avec 42 échantillons de Blé. Les grains ratatinés représentaient ici le coefficient inférieur; après dix jours, 4 p. 100 seulement; après douze jours 6 p. 100, et après quinze jours, 12 p. 100.

Cependant en Victoria, en Australie, Mc. Alpine (I, 193) a reçu, quelques années plus tard, des résultats tout contraires, en exécutant ses recherches. Il avait mis à germer un nombre considérable de grains de trois variétés de Blé, cultivées dans la colonie. Quelques-uns de ces grains, provenant de pieds rouillés, étaient ratatinés, les autres, résultant de la récolte d'une autre année, étaient parfaitement sains. Le résultat en fut tel que le montre le tableau suivant :

	Après jours.	Faculté germinative.
Dans le Steinwedel, grains ratatinés.....	15	88
— — — non ratatinés.....	14	68
— Champlain — ratatinés.....	15	81
— — — non ratatinés.....	—	63
— — — —	28	68
— Purple-Straw — ratatinés.....	6	92
— — — non ratatinés.....	—	22
— — — —	28	67

ainsi, en moyenne :

Dans les grains ratatinés de l'année passée.....	87 p. 100
— non ratatinés de la dernière récolte.	67 —

Mais évidemment il y a ici un point faible. C'est que les échantillons dont on s'était servi pour ces comparaisons résultaient de récoltes d'années différentes. En outre, il ne ressort pas de la description, si l'essai a été exécuté immédiatement après qu'on avait fait la dernière récolte ou bien s'il a eu lieu au bout de quelque temps, chose qui n'est point sans importance. C'est qu'ordinairement il faut aux Céréales un certain temps d'arrière-maturation pour qu'un coefficient germinatif plus élevé puisse se faire connaître.

Un ouvrage très remarquable sur le rôle que pourrait jouer la semence comme source d'une apparition de rouille dans les Céréales, « *Preventive for Rust in Wheat* », a été publié à Melbourne en 1890, par un agriculteur pratique Smith-Ellis (1), habitant le South Yarra, situé dans la province de Victoria. A l'appui des opinions qu'il prononce dans ce petit rapport, il apporte des observations et des recherches faites dans le cours de dix-huit années. Il est d'avis que la source principale de la rouille du Blé est dans la semence elle-même. Pour que la rouille puisse apparaître, deux choses sont indispensables : 1° la présence du champignon de la rouille; 2° une prédisposition individuelle et maladive de la plante hospitalière. Cette prédisposition naît par un processus de fermentation intérieure (incipient fermentation). Pendant que se produit cette fermentation intérieure, toute la substance séveuse du jeune pied de Blé

dégénère, en même temps que se forme un substratum nutritif, propre à mettre le champignon à l'aise. L'introduction du champignon est supposé avoir eu lieu avant la germination. La fermentation peut s'établir, si l'on emploie une semence qui n'est pas encore tout à fait mûre ou bien si l'on se sert de grains qui résultent de pieds malades ou qui ont été mal conservés durant un temps considérable. Ainsi on ne devait semer que du Blé bien mûri et en outre se donner de la peine pour séparer de la semence toute partie de pailles ou de bâles rouillée, et ensuite on ferait bien en la conservant tout à fait à sec, dans des sacs bien vidés et très propres. En un mot, il faudrait apporter beaucoup de soin au choix de la semence et à la manière de la traiter et de la conserver, ainsi qu'il faudrait labourer la terre très bien avant l'ensemencement. De telle manière on pourrait, dit Ellis, obtenir des récoltes intactes ou, du moins, presque intactes.

Il est tout naturel que ce rapport s'est attiré une vive attention en Australie, où l'on venait justement de commencer à traiter au sérieux la question qui vise la rouille du Blé. Le 25 avril 1890, une commission élue par les gouvernements de New South Wales, de Victoria et de South Australia, fut chargée de se prononcer au sujet des opinions et des conseils énoncés dans le rapport d'Ellis. La commission comprenait sept membres, dont quelques-uns devaient figurer plus tard parmi les chefs les plus éminents des investigations au sujet de la rouille du Blé qui, à partir de cette date-ci, ont eu lieu en Australie, comme par exemple Mc. Alpine, N.-A. Cobb, W. Farrer et A.-N. Pearson. Le 9 juin 1891, la commission présenta au ministre de l'Agriculture de Victoria un rapport détaillé (Victoria Bulletin, I, 118) dans lequel on cherchait à réfuter presque entièrement les théories d'Ellis.

Quand celui-ci signalait la rouille des Céréales comme une maladie parasite interne, cela révélait, dit-on, une ignorance fâcheuse au sujet de la nature de la rouille. Ensuite

il n'était point vrai que « les spores de la rouille se forment et mûrissent dans les vaisseaux séveux de la feuille », car ce n'est pas seulement dans les tissus de la feuille, mais aussi bien dans ceux de la tige et de l'épi qu'elles parviennent à leur maturité. Encore il n'avait jamais été observé, comme le dit Ellis, que le champignon pouvait pénétrer le grain de Blé. Du reste, cette idée n'était point à Ellis lui-même, puisqu'un anglais, N.-J. Berkeley, avait déjà, avant lui, énoncé la thèse que le mycélium existe dès la première période du développement du grain.

Ellis avait distingué pour le champignon deux générations : l'une primaire (primary propagation), l'autre secondaire (secondary or destructive), et avait en outre affirmé que le parasite ne peut parvenir à un développement puissant, à moins que le pied de Blé ne se trouve dans un état de fermentation commençante (incipient fermentation). Mais voilà ce qui était, selon les opinions des délégués, des mots qui n'avaient pas de sens.

Enfin, Ellis avait proposé des manières d'agir qui dussent aider à obtenir des récoltes indemnes. Des procédés qu'il nous recommande, nous voulons ici signaler quelques-uns : 1° il faudrait tenir la semence loin de toute fermentation dès le jour de la récolte jusqu'au moment de l'ensemencement ; 2° cet ensemencement devrait avoir lieu de très bonne heure et, s'il était possible, après une pluie tombée, puisque dans l'eau il ne se développe point de rouille (rustsmoke); 3° il ne faudrait pas employer une semence, portant la moindre trace de rouille, de peur d'introduire ainsi une cause prédisposante de maladie ; 4° nulle part, dans les terres, on ne devait laisser croître du Blé ou d'autres Céréales adventices. Ces règles et encore d'autres, visant le même but, ont été désignées par la commission comme à la fois inutiles et inexécutables.

Ellis avait fait appel au gouvernement afin de faire organiser des essais expérimentaux pour vérifier ses assertions à lui ; mais la commission était d'avis que cet appel d'Ellis ne

devait mener à aucune mesure. Car si de tels essais étaient vraiment exécutés et qu'on les vît même confirmer les assertions d'Ellis, ils seraient toutefois sans valeur, puisqu'ils n'offraient en aucune manière un moyen de se débarrasser de l'ennemi. On finit ainsi par déclarer à l'unanimité que les propositions d'Ellis « n'étaient bonnes à rien du tout et en même temps décidément peu pratiques ».

Dans le même bulletin, publié par le département d'Agriculture de Victoria, où est inséré en entier le rapport de la commission, l'un des membres de celle-ci, A.-N. Pearson (I, 14), nous fait part d'une communication spéciale sur la rouille du Blé. Il nous apprend que dans l'Australie méridionale on avait organisé des recherches comparatives avec des grains ratatinés et des grains bien nourris, récoltés à différents endroits du même champ. Toujours les plantes furent envahies par la rouille, mais, il faut l'avouer, à un degré moins considérable quand il s'agissait des plantes qui résultaient des grains bien nourris.

Voilà où en était, à la fin de 1891, la question qui vise le rôle d'une semence rouillée, ou bien, pour mieux dire, qui tend à savoir si la rouille peut bien provenir de la semence sans que des matières contagieuses soient apportées du dehors. En ce moment-ci des investigations sur ce sujet avaient été mises en train bien sérieusement en Suède. Mais, demande-t-on donc, les expériences faites dans le cours de toutes les années suivantes ont-elles bien pu s'accorder avec l'idée fondamentale sur la nature de la rouille des Céréales qu'on retrouve presque infailliblement dans tous les livres élémentaires, — idée, du reste, à laquelle les essais faits jusque-là avaient paru apporter de l'appui ? Les nouvelles expériences acquises parlent-elles en faveur de cette opinion généralement répandue qui attribue toujours l'apparition de la maladie dans la récolte sur pied à une source extérieure, ou bien certaines de ces expériences portent-elles peut-être à croire qu'une telle théorie soit fausse ?

Dans ce qui suit, je vais combiner toutes les expériences faites dans le cours des années passées. Pour commencer, je veux m'occuper d'*Observations et de recherches faisant soupçonner une origine interne de maladie* (Première partie), en traitant alors en particulier les observations faites en plein champ (A) et surtout les essais de cultures isolées (B), pour passer ensuite à *La nature morphologique et biologique du germe interne de maladie* (Seconde partie). Ensuite je veux donner un aperçu de *La littérature moderne étrangère traitant la Rouille des Céréales, et les indications au sujet d'un germe interne de maladie qu'on y trouve* (Troisième partie). Enfin je vais proposer un *Plan à suivre dans la lutte continuée contre la Rouille des Céréales* (Quatrième partie).

PREMIÈRE PARTIE

OBSERVATIONS ET RECHERCHES, FAISANT SOUPÇONNER UNE ORIGINE INTERNE DE MALADIE

A. — Observations faites en plein champ.

1. **Puccinia graminis**. — Rouille noire.

a. *Localisation des premières pustules d'*Uredo *dans le brin du Blé d'automne.* — En 1892, en examinant à l'arrière-saison des brins de Blé rouillés poussant au Champ d'Expériences, nous avons observé (Eriksson et Henning, I, 34) que les premières traces de la maladie apparaissaient toujours dans la feuille qui avait été la première à apparaître. A peu d'exceptions près, ce fut alors toujours dans le tiers ou dans le quart supérieur de cette feuille-ci qu'on apercevait les premières traces du champignon. Pourtant le sommet de la feuille n'est qu'un à quatre jours plus vieux que le milieu, c'est-à-dire, il est sorti de la gaine du brin et exposé à des contagions venant du dehors, un à quatre jours plus tôt que celui-ci. De même cette partie supérieure de la feuille n'est que quatre à neuf jours plus vieille que la base de la même feuille ou que le tiers supérieur de la feuille suivante. Mais puisqu'il en est ainsi, une question vient s'imposer à nous. Pourquoi donc ne voit-on, au commencement, des pustules qu'en haut de la première feuille? Nous savons qu'après qu'une inoculation a été exécutée avec les urédospores de ce champignon, il faut un certain temps d'incubation. Cependant ce temps ne comprend que dix à douze jours, tandis que celui qui s'écoule avant l'apparition des premières pustules s'élève à trente à trente-quatre jours après l'ensemencement et à vingt à vingt-quatre jours après le moment où la plante a commencé à poindre. Si l'apparition des pustules observées était à attribuer à une contagion extérieure, venant d'urédospores situées au voisinage, pourquoi n'y avait-il pas de traces de rouille en haut de la première feuille une ou deux semaines plus tôt, c'est-à-dire dix à quinze jours après le moment où la plante avait commencé à poindre?

Ensuite, pourquoi le milieu et la base de la première feuille, ainsi que la seconde feuille tout entière ne portaient-ils pas aussi tard que vingt à vingt-quatre jours après le moment où la plante avait commencé à pousser en haut, des pustules d'Uredo ? Cela est d'autant plus étrange que pendant cette époque-ci, c'est-à-dire à l'arrière-saison, les uredospores contaminantes situées au voisinage deviennent de plus en plus rares. En effet, il est absolument impossible d'obtenir de réponses satisfaisantes à ces questions, en attribuant la première apparition de la maladie à une contagion venant de l'extérieur.

Quelqu'un voudrait peut-être émettre l'idée que l'origine de la rouille pourrait être à chercher dans des spores d'hiver, situées au voisinage. Mais les vraisemblances qui parlent pour une telle supposition sont très peu nombreuses, s'il y en a même du tout. C'est que l'époque de la germination de ces spores-ci tombe sur les mois de mars à mai et que le nombre des spores qui n'ont pas germé durant ce temps-ci, se diminue rapidement avec chaque semaine qui s'écoule. Ainsi, au moment où une inoculation pourrait se produire, c'est-à-dire, lorsqu'à la fin d'août on sème le Blé d'automne et que celui-ci commence à lever, il n'y a certainement en plein champ plus de spores d'hiver contaminantes (Eriksson, XVIII, 431).

Ainsi il ne nous reste guère d'autre ressource, pour expliquer la localisation des premières pustules d'Uredo, que de supposer qu'elles sont nées d'un germe interne de maladie vivant dans le grain lui-même. Sinon entièrement du moins à une partie essentielle, ce germe est d'une constitution qui lui fait annoncer sa présence par des pustules d'Uredo, apparaissant trois à quatre semaines après que la feuille hospitalière a commencé à pousser et une à deux semaines après que la feuille a cessé de croître en longueur.

b. *Époque de l'apparition des premières pustules d'*Uredo *en été sur le Seigle et sur l'Orge.* — Grâce à force observations, ayant eu lieu au champ d'essais, dans les nombreuses parcelles qui y sont ensemencées avec des Blés d'automne et de printemps, nous avons pu constater avec certitude qu'en été les premières pustules d'Uredo apparaissent en général plus tard qu'on ne se l'est imaginé. Le tableau ci-dessous servira à en donner un aperçu:

TABL. I. — **Époque de l'apparition de l'Uredo graminis en été au champ d'expériences de Stockholm, 1891-97.**

ESPÈCE DES CÉRÉALES.	1891	1892	1893		1894	1895	1896	1897
			Dans le bocage d'Épine-Vinette.	Au champ d'essais.				
Secale cereale ②.	.	4 juil.	26 juin	8 juil.	22 juin	19 juil.	20 juil.[1]	12 juil.
Triticum vulgare ②.	.	18 —	.	14 —	7 juil.	15 —	27 — [2]	30 —
— — ①.	.	23 août	18 juil.	29 —	13 — [3]	. [4]	7 août	2 août
Hordeum vulgare ②.	17 juil.	15 juil.	.	17 —	. [5]	15 juil.	.	.
— — ①.	22 —	3 août	.	11 —	13 juil.	. [4]	22 juil.	15 juil.
Avena sativa ① ...	22 —	27 juil.	6 juil.	29 —	13 — [6]	. [4]	21 — [6]	15 —

[1] Le 27 juillet, il y avait dans l'une des parcelles peu de rouille (degré 1), tandis que dans deux autres il y en avait plus abondamment (degrés 2 et 3). Ainsi il est à croire que la première apparition de la rouille a eu lieu une semaine plus tôt, c'est-à-dire à peu près le 20 juillet. — [2] Le 27 juillet, le degré de l'intensité de la rouille fut déterminé à 3 dans la moitié du nombre à peu près des parcelles, tandis que les autres parcelles restaient indemnes. Ainsi il est probable que l'apparition a eu lieu une semaine plus tôt, vers le 20 juillet. — [3] Il n'y avait de rouille que dans une seule parcelle, ensemencée avec du blé d'Emma ; les autres parcelles n'étaient point attaquées. — [4] Toutes les parcelles intactes le 19 juillet. — [5] Toutes les parcelles indemnes le 7 juillet. — [6] Une seule parcelle, portant de l'*Avena sativa* var. *montana*, envahie par la rouille ; les autres parcelles indemnes.

La forme qui attaque le Seigle d'automne pendant la dernière semaine de juin et les deux premières semaines de juillet est la première à apparaître. Viennent ensuite, dans les deuxième et troisième semaines de juillet, les formes qui apparaissent sur le Blé d'automne et sur l'Orge d'automne. Enfin nous avons, dans la seconde quinzaine de juillet ou plus tard encore, les formes qui envahissent l'Avoine, l'Orge de printemps et le Blé de printemps.

On ne peut qu'être surpris de cette apparition généralement tardive de la rouille, lorsqu'on sait, par des recherches déjà exécutées sur place, que les spores d'hiver de toutes ces formes-ci ont déjà germé au mois d'avril ou, au plus tard, au mois de mai. Ainsi s'écoulent à peu près deux mois avant qu'une seule pustule d'Uredo se montre dans la variété qui est le premier porteur de la rouille (le Seigle d'automne), et deux mois et demi à trois mois se passent avant qu'on voie apparaître une telle pustule dans les Céréales qui ensuite sont attaquées par la maladie.

Il est tout naturel que cet intervalle nous paraisse très long, et s'il y a, au voisinage, un arbrisseau d'Épine-Vinette qui puisse servir d'intermédiaire, quand il s'agit de communiquer la maladie aux Céréales, et s'il n'y en a qu'à une distance assez considérable. S'il était vraiment ainsi que cet arbrisseau fût toujours le pont à travers lequel le champignon de la rouille noire passait pour venir infester les Céréales, on pourrait sans doute s'attendre à trouver beaucoup

plus tôt des traces de maladie dans celles-ci. Par des observations continuées, faites pendant les années de 1890 à 1893 (Eriksson et Henning, I, 62), nous avons éprouvé qu'au champ d'expériences, les aecidies d'Épine-Vinette commencent à apparaître vers le 13 ou le 16 juin. Or, puisqu'il est prouvé que le champignon demande, pour parvenir de l'état d'Aecidium à celui d'Uredo, un temps d'incubation de dix jours environ, on devrait rencontrer dans les Céréales cet état du champignon dès la dernière semaine de juin, s'il y avait au voisinage le plus proche un arbrisseau d'Épine-Vinette, dans la première semaine de juillet, si cette plante ne poussait qu'un peu plus loin.

Nous pouvons encore apporter à l'appui de ces conclusions les observations suivantes. L'automne 1892, on avait, le 8 août, semé du Seigle d'automne au champ d'expériences dans le voisinage de quelques arbrisseaux d'Épine-Vinette. Ces arbrisseaux étaient entourés de mauvaises herbes, parmi lesquelles il y avait des brins de Chiendent, envahis par la rouille noire. Le printemps suivant, on a découvert dans les feuilles de l'Épine-Vinette les premiers aecidies ouverts le 16 juin, et c'est juste dix jours plus tard, le 26 juin, qu'on a observé sur les pailles et les feuilles du Seigle et du Chiendent voisins les premières pustules d'Uredo. Le Seigle était en ce moment-ci en fleurs. Deux jours plus tard, le 28 juin, tous les pieds de Seigle étaient envahis de la base jusque dans les bâles et les barbes des épis, de pustules d'Uredo tout ouvertes. Le voisinage immédiat d'un arbuste d'Épine-Vinette, envahi par la rouille noire du *Triticum repens*, et la prompte apparition de la maladie, ainsi que son développement excessivement rapide, — en deux jours seulement le degré de son intensité s'était élevé du chiffre 1 au chiffre 4, — tout porte à croire que la maladie, en ce cas, a été causée par une contagion extérieure, provenant des arbrisseaux d'Épine-Vinette qui se trouvaient dans le voisinage.

Considérons maintenant l'apparition de la rouille à cette occasion dans le champ d'essais. Pour commencer, il faudra dire que ce champ, dans lequel on trouvait du reste beaucoup de Céréales d'espèces diverses, était séparé du bocage d'Épine-Vinette par un champ où il y avait des arbres fruitiers épars. La partie du champ qui portait les Blés de printemps était éloignée de ce bocage par un espace de 50 mètres, la partie couverte de Blés d'automne, par un espace de 100 mètres. Ce n'est qu'à partir du 8 juillet (ainsi au bout de douze jours encore), qu'on a découvert des pustules de rouille dans le Seigle d'automne, et alors même cela ne fut que dans 3 parcelles parmi 11. Pour ce qui concerne l'Orge et le Chiendent, la rouille fut

encore plus longue à apparaître. Dans celle-là, on n'en voyait pas avant le 11 juillet (quinze jours plus tard que dans le bocage d'Épine-Vinette); dans celle-ci on en observait les premières traces le 18 du même mois (vingt-deux jours plus tard).

Au champ d'essais, il y avait cette année-là 70 parcelles avec de l'Orge de printemps, toutes ensemencées simultanément. Parmi ces 70 parcelles il n'y en avait que 2 qui montrassent des pustules d'Uredo le jour nommé ci-dessus, c'est-à-dire le 11 juillet. Le 17 juillet (vingt et un jours plus tard que dans le bocage d'Épine-Vinette), 6 autres parcelles ensemencées avec de l'Orge montrèrent des traces de champignon, et le 29 juillet (trente-trois jours plus tard) cette forme de rouille avait envahi 64 parcelles parmi les 70. Même alors ce ne fut que dans 21 cas de 64 que la maladie attaquait les plantes plus gravement. En général, elle n'apparaissait que sous la forme de petites traces toutes faibles (degré 1).

D'après les opinions qui ont cours à l'heure actuelle, on serait dans tous ces cas-ci réduit à chercher, ou directement (par des aecidiospores) ou indirectement (par des uredospores), l'origine de la rouille dans les buissons d'Épine-Vinette qui, envahis par cette forme de rouille noire, étaient séparés du champ cultivé par un espace de 50 à 100 mètres. Mais comment expliquer en ce cas la différence entre l'époque de l'apparition de la maladie sur les diverses espèces de Céréales ?

Avant tout, il y a une chose bien curieuse, que nous ne sommes pas alors capables d'éclaircir, c'est-à-dire le fait que le Seigle d'automne, le plus éloigné du bocage d'Épine-Vinette, — il en était séparé par un espace de 100 mètres, — fut le premier à être contaminé (douze jours plus tard que dans le bocage). L'Orge, au contraire, qui était séparée de ce bocage par un espace de 50 mètres seulement, ne fut envahie qu'en second lieu (quatorze à trente-trois jours plus tard). On aura beau chercher l'explication de ce phénomène dans une incapacité présumée du pied d'Orge d'être envahi par le champignon avant qu'il eût atteint un certain degré de développement, degré auquel les pieds en question étaient supposés n'être pas encore parvenus à l'époque où les spores contaminantes furent transportées par le vent à travers le champ, c'est-à-dire dans la seconde quinzaine de juin. C'est qu'une riche expérience, gagnée par des essais d'inoculations, exécutés dans le cours des années, nous a appris que dans les pieds d'Orge, aussi bien que dans ceux d'autres espèces de Graminées, la première feuille apparaissante est également, sinon mieux, disposée à une contagion extérieure que les feuilles se développant ensuite. Dans la dernière

semaine de juin, les pieds d'Orge avaient atteint une hauteur d'à peu près 30 à 40 centimètres, et, çà et là, quelques variétés bien précoces avaient même commencé à monter en épis. Ainsi, la supposition que le développement de ces pieds fût trop faible, ne pourra point servir à nous donner une explication satisfaisante de ce qu'ils avaient échappé à être contaminés.

Quelqu'un dira peut-être que l'apparition précoce sur le Seigle, mais tardive sur l'Orge, serait due à une disposition inégale pour cette forme de rouille, et peut-être voudra-t-on apporter à l'appui d'une telle théorie le fait que cette forme de rouille, poussant en liberté, se rencontre bien moins souvent sur l'Orge que sur le Seigle (Eriksson, I, 300), chose que nous avons signalée déjà autre part. Cependant on ne pourra guère, des essais d'inoculation exécutés au champ d'expériences dans le cours des années avec la forme de champignon en question (dans son état d'Uredo), tirer la conclusion que le pouvoir de résister à une contagion extérieure, transmise par des spores, serait tellement plus grand dans l'Orge que dans le Seigle, qu'il pourrait servir à nous donner une explication satisfaisante des phénomènes observés dans le champ d'essais pendant l'été 1893. Le fait que les champs d'Orge sont en général moins abondamment envahis par la rouille que les champs qui portent d'autres Céréales n'en devient pas non plus éclairci. C'est qu'on a trouvé que dans les essais d'inoculation exécutés avec des uredospores, la maladie a été communiquée au Seigle :

Du Seigle dans 4 numéros d'essais sur 30 lieux d'inoculation parmi.....	36 = 83,3 p. 100
De l'Orge dans 2 numéros d'essais sur 29 lieux d'inoculation parmi.....	32 = 90,7 —
Du Triticum repens dans 3 numéros d'essais sur 11 lieux d'inoculation parmi.....	30 = 36,7 —
De l'Elymus arenarius dans 1 numéro d'essais sur 16 lieux d'inoculation parmi.....	18 = 88,9 —

Mais à l'Orge :

Du Seigle dans 5 numéros d'essais sur 4 lieux d'inoculation parmi.....	41 = 9,8 p. 100
De l'Orge dans 4 numéros d'essais sur 12 lieux d'inoculation parmi.....	30 = 40 —
Du Triticum repens dans 1 numéro d'essais sur 7 lieux d'inoculation parmi.....	18 = 38,8 —
De l'Elymus arenarius dans 1 numéro d'essais sur 17 lieux d'inoculation parmi.....	17 = 100 —

Il est vrai que, lorsqu'il s'agit d'une contagion provenant du Seigle ou de l'Orge, les chiffres sont plus bas pour l'Orge que pour

le Seigle. Quand il est question d'une contamination causée par le Chiendent, la différence est cependant très peu essentielle, et il est, en ce cas, bien à remarquer que c'était justement par cette forme-ci qu'étaient envahis les buissons d'Épine-Vinette, auxquels on voulait attribuer l'apparition de la maladie dans le champ d'essais. Enfin pour ce qui est de la contagion provenant de l'*Elymus arenarius*, la différence devient en ce cas encore plus petite.

C'est autre part qu'il nous faudra chercher la vraie explication des phénomènes que présente l'Orge, vivant en liberté. Des observations sur ce sujet n'ont pas été faites seulement en 1893, dans des parcelles du champ d'essais, mais même à d'autres occasions. La contagion extérieure, et voilà ce qui est plus probable, n'est pas la seule ni même la principale source de la maladie. L'origine en est au contraire à chercher dans un germe vivant durant un certain temps dans la plante elle-même. Ou bien ce germe intérieur a pénétré dans les jeunes feuilles lorsque les grains germaient pendant l'arrière-saison, ou bien il est contenu dans le grain dès le début. En ce dernier cas, l'origine de la maladie est ainsi dans la plante mère, qui l'a transmise par les grains. Il est à croire que dans l'Orge ce germe intérieur de maladie a plus de difficulté à se développer et à parvenir à sa maturité qu'il n'en est le cas dans le Seigle.

Cette théorie est encore soutenue par le rapport qui existe entre la précocité de l'apparition de la rouille et la hâtivité de la variété d'Orge qui porte cette forme-là. Pour nous en tenir à l'année 1893, nous trouvons ainsi que les variétés d'Orge carrée les plus précoces sont les premières à montrer des traces de rouille. De même c'est sur celles-là que la maladie parvient au développement le plus rapide et le plus vigoureux. Les deux parcelles qui se trouvaient envahies par la rouille dès le 11 juillet, portaient des Orges d'Oderbrucher et de Handoel, dont la dernière variété est originaire d'une ferme appelée le Handoel et située en Jaemtland (Suède). Les six parcelles dans lesquelles l'apparition eut lieu le 17 juillet portaient des Orges de Wartebrucher (1 numéro), de Bunnerviken (provenant de la ferme de Bunnerviken en Jaemtland, 2 numéros), d'Ausan (ferme d'Ausan en Jaemtland, 1 numéro) et de Skinless (*Hordeum vulgare* var. *cornutum*, 2 numéros). La variété d'Orge dans le champ d'essais à laquelle la rouille venait en dernier, c'est-à-dire celle de l'*Hordeum distichum* var. *nigrescens*, ne montrait aucune trace de rouille avant le 12 août. En considérant le fait que les variétés précoces étaient montées en épis dès le 26 juin, tandis que l'épiation n'avait pas lieu dans la variété tardive avant le 17 juillet, c'est-à-dire trois semaines plus tard, on va bien comprendre

combien considérable est la différence au point de vue de la précocité.

Il y a ainsi un rapport évident entre l'apparition hâtive de la rouille et la précocité de la variété, rapport qui, du reste, se fait reconnaître pour la rouille noire de l'Orge aussi bien que pour toutes les autres formes de rouille qui attaquent les Graminées. Ce rapport ne peut qu'appuyer, pour sa part, la supposition qu'un germe interne est la source principale de la maladie et que ce germe-là parvient plus rapidement à la maturité et à la faculté de créer des spores dans une variété précoce que dans une variété tardive.

Ce qui a été dit plus haut au sujet de l'apparition de la rouille noire pendant l'été 1893 sur l'Orge et sur le Seigle, cultivés dans le champ d'essais, s'applique aussi en général à tous les étés qui se sont écoulés depuis lors. Ce n'est que sur un seul point que les diverses années présentent des différences. C'est qu'une année la maladie attaque plus gravement une espèce de Céréale, l'autre année une autre espèce, de manière à produire ainsi, tour à tour, des années de rouille noire de Blé, de rouille noire d'Orge, de rouille noire d'Avoine, etc. Et voilà une chose qui doit certainement dépendre de ce que les conditions extérieures, en première ligne celles de chaleur et d'humidité, qui favorisent le développement du germe intérieur de maladie, tombent différemment en différentes années. Ainsi elles se réalisent dans des moments critiques, tantôt pour une espèce de Céréales, tantôt pour une autre.

L'été 1897 a surtout été remarquable à ce point de vue. Ainsi les conditions extérieures que demande le germe interne de maladie pour parvenir à sa maturité se sont réalisées cette année-là dans une période critique pour l'Orge. Cet été-là, des traces de rouille ont paru dès le 15 juillet dans 29 parcelles parmi 77. Après dix-huit jours encore, le 2 août, 47 nouvelles parcelles étaient attaquées par la maladie. Ce jour-ci, il y avait ainsi 76 parcelles attaquées. Un bien grand nombre (26) d'entre elles montraient alors d'assez abondantes traces de rouille (degrés 3 et 4), phase de maladie qui après quatorze jours encore, le 16 août, était atteinte par 52 parcelles. Ainsi, cette année-là, la rouille noire ravageait l'Orge de printemps à peu près au même moment qu'elle apparaissait et qu'elle apparaît toujours sur le Seigle. Les ravages commencèrent le 12 juillet, des traces de rouille se montrant alors dans 5 parcelles de Seigle d'automne; le 30 juillet, la maladie avait atteint son maximum d'extension (degré 4).

En 1897, une apparition de rouille noire extraordinairement

précoce et intense avait ainsi eu lieu sur l'Orge. Mais, il n'est guère possible d'attribuer cette apparition à ce qu'il y aurait eu, pendant cet été-là, certaines circonstances extérieures particulièrement propices à la propagation de matières contagieuses. La situation et les environs du champ étaient les mêmes que toutes les années précédentes, et s'il était vraiment ainsi que la maladie s'était propagée du bocage d'Épine-Vinette, nommé dans ce qui précède, la distribution de la rouille aurait dû être tout autre qu'elle ne l'était maintenant. Cette année-ci, les cultures de l'Orge se faisaient dans deux parties du champ séparées, dont l'une était éloignée du bocage en question par un espace de 50 mètres, l'autre par un espace de 100 mètres. Entre ces deux parties du champ se trouvaient des parcelles portant du Seigle d'automne, et celles-ci étaient éloignées du bocage de 75 mètres environ. Or, il arrivait que dans la partie qui était située dans le proche voisinage de l'Épine-Vinette il n'y avait, le 15 juillet, que 7 parcelles parmi 47 qui fussent infestées, tandis que dans la partie la plus éloignée on trouvait ce jour même, parmi 30 parcelles, 29 attaquées de rouille. C'est donc là une chose qui parle décidément contre la supposition que le bocage serait la source de l'apparition de la maladie.

Mais à la fin, on se demande s'il n'y a pas peut-être une autre source extérieure causant cette grave attaque de la maladie sur l'Orge, source se trouvant peu de temps avant l'apparition de la maladie au voisinage le plus proche du champ d'Orge. A ce que je sais, la réponse ne peut qu'être négative, car il n'y avait au voisinage aucune Graminée déjà infestée. Le Seigle et le Chiendent auraient été les seules plantes auxquelles, en ce cas, on eût pu penser. Cette année-là, les ravages de la rouille avaient lieu, comme nous l'avons signalé plus haut, presque simultanément sur le Seigle et sur l'Orge :

Sur le Seigle, dès le 12 juillet au 30 juillet ;
— l'Orge, dès le 15 juillet au 2 août.

Ainsi on peut aussi bien supposer que la maladie s'était communiquée de l'Orge au Seigle, que le contraire. Quant au Chiendent comme source de maladie, il en est de même qu'avec le Seigle, puisque sur cette Graminée même les ravages se produisaient à la même époque.

Ainsi il me paraît que si nous ne voulons accepter qu'une source extérieure, étant à portée immédiatement avant les ravages ou pendant cette époque même, il n'y a aucun moyen de comprendre certaines choses. Les pustules d'Uredo, pourquoi ne se montrent-

elles pas en été sur le Seigle en même temps que sur l'Orge, et d'où vient encore que la maladie apparaît sur celle-ci une année avec une plus grande intensité que l'autre? Voilà des questions à la solution satisfaisante desquelles on n'arrive point par la supposition d'une source extérieure comme la cause de la maladie. C'est donc au contraire dans l'intérieur de la plante elle-même qu'il faudra chercher l'origine principale de l'apparition de la rouille.

c. *Apparition de la maladie extraordinairement précoce et vigoureuse, ayant lieu sur l'Orge.* — Le 27 mai 1876, j'avais semé au champ d'expériences, dans le jardin d'essai qui entoure la serre de la station, sur une ligne, longue d'un mètre à peu près, des grains d'une variété d'Orge carrée très rare, le Skinless (*Hordeum vulgare* var. *cornutum*), reçus peu de temps auparavant de la part de M. F. Körnicke à Bonn. En examinant les plantes le 17 juin, ainsi vingt-trois jours après l'ensemencement, j'y ai vu des pustules de l'*Uredo graminis* en abondance. Sur les deux premières feuilles, quelquefois même sur la troisième, il y avait de nombreuses pustules grosses, allongées, entourées en général par un cercle plus clair. C'était dans presque toutes les plantes qu'on observait de telles pustules.

Cette apparition hâtive, très étrange et inattendue, d'où pourrait-elle bien provenir? Dans le jardin d'essais, il y avait quelques arbrisseaux d'Épine-Vinette épars, dont l'un n'était éloigné des plantes en question que par un espace d'un mètre, mais aucun de ces arbustes ne portait beaucoup d'aecidies. Sur l'arbrisseau le plus proche, on ne pouvait découvrir qu'environ une dizaine de feuilles portant des aecidies, dont chacun avait l'aspect d'une toute petite tache. Dans les autres arbrisseaux les aecidies furent encore plus rares; quelquefois on n'en trouvait même pas du tout. Ainsi, selon toute apparence, il n'est que peu probable que les pustules d'Uredo sur les pieds d'Orge, abondantes et vigoureuses comme elles y furent partout, eussent affaire à ces quelques aecidies à peine ouverts. Mais il y a encore une chose qui parle contre une telle vraisemblance, c'est-à-dire le fait que d'autres Graminées, poussant au voisinage de l'Épine-Vinette, Graminées disposées à la même forme de rouille noire que l'Orge, par exemple le *Triticum repens*, l'*Elymus arenarius* et le *Bromus secalinus*, quoique ayant de nombreuses jeunes pousses tendres, étaient restées entièrement indemnes. Dans toute l'étendue du jardin d'essais il n'y avait encore en ce moment-là aucune autre espèce de Graminée qui portât des traces de rouille noire. Dans le *Triticum repens*, par exemple, Graminée qui est en général la première attaquée de toutes les Graminées sauvages, on

ne pouvait découvrir, cet été-là, aucune trace de cette forme de rouille avant le 20 juillet, ainsi à peu près un mois plus tard, et on ne voyait pas de telles traces dans l'*Elymus arenarius* avant le 4 août. Le premier de ces deux jours d'observations (le 20 juillet), la rouille avait atteint dans les pieds d'Orge un tel développement que le degré de son intensité fut déterminé à 4; des taches de Puccinia commençaient déjà à se montrer en assez grande abondance.

Mais ce n'était qu'à l'aide d'essais expérimentaux exécutés avec la forme de rouille noire qui apparaissait sur l'Épine-Vinette en question, qu'on pouvait apprendre pour combien cet arbrisseau était dans l'apparition de la maladie sur les pieds d'Orge. Voilà pourquoi nous avons organisé, le 25 juillet, date où les aecidies se trouvaient sur l'arbuste en assez grande abondance, une série d'essais d'inoculation avec des spores qui provenaient des aecidies de l'arbuste nommé tout à l'heure. Pour faire parvenir ces spores au plus haut degré de germination, nous les avons refroidies pendant trois heures et demie dans une armoire propre à cet usage (Eriksson, II, 558), pour les en sortir ensuite, au bout de ce temps-là. Après vingt heures encore, en allant les employer pour l'inoculation, on voyait qu'elles avaient germé presque toutes (degré 4). L'inoculation fut exécutée :

Sur l'*Hordeum vulgare*,	3 pieds,	à	27	lieux d'inoculation;
— le *Secale cereale*,	3	—	18	—
— le *Triticum vulgare*,	3	—	22	—
— l'*Avena sativa*,	3	—	24	—

Au sujet du résultat de ces essais, nous voulons dire qu'il n'y avait jamais, ni sur l'Orge, ni sur le Seigle, ni sur le Blé, aucune trace de rouille, tandis que sur les pieds d'Avoine il en apparaissait au bout de dix jours à 16 lieux d'inoculation. Après dix jours encore, de telles traces se rencontraient à tous les 24 lieux inoculés.

On ne peut guère se défendre de voir dans ce résultat remarquable la preuve évidente qu'il n'y avait aucun rapport entre l'Épine-Vinette et la rouille qui apparaissait sur les pieds d'Orge voisins. Comme les feuilles d'Épine-Vinette, certainement au nombre d'une trentaine, d'où avait été prise la matière contagieuse, étaient récoltées en différentes parties de l'arbuste, on peut bien, appuyé sur les résultats cités tout à l'heure, tirer de là la conclusion que ledit arbrisseau a été envahi par la forme de la rouille noire que porte l'Avoine et par aucune autre forme de cette espèce de rouille. Pour ce qui est de cette rouille noire, nous savons, grâce à des recherches décrites autre part (Eriksson, I, 296 ; V, 506), qu'elle ne

peut se communiquer à l'Orge, ni comme Uredo, ni comme Aecidium.

Il faut ainsi que l'échantillon d'Orge envoyé de Bonn ait caché dans son intérieur un germe de maladie très vivace, destiné à faire naître le champignon du *Puccinia graminis*. De même un autre échantillon de la même variété d'Orge, reçu dans l'origine (1888) de la part de M. R. Schomburgk à Adélaïde (Australie), échantillon dont nous allons souvent parler dans ce qui suit, a porté un germe de maladie non moins vivace, donnant lieu au champignon du *Puccinia glumarum*.

Dans ce qui précède, nous avons énoncé nos conclusions, quant à la source d'où provenait la rouille noire sur l'Orge qu'on avait reçu de Bonn. Ces conclusions n'ont point été détruites par les résultats, obtenus la même année, à la suite d'essais de culture établis au grand champ d'essais avec le reste de cet envoi. Il est vrai qu'à cette place-ci, bien que l'ensemencement y eût lieu trois semaines plus tôt (le 6 mai), il n'y avait, aussi tard que le 19 juillet, moment où plusieurs pieds avaient déjà commencé à monter en épis, aucune trace de rouille. Il est à présumer qu'une telle absence de rouille est due à la sécheresse continue et à la chaleur tropicale qui régnait cette année-là (1896) durant la plus grande partie du mois de juin (Eriksson, XVI, 247). Dès le premier jusqu'au 18 juin il ne tombait que $0^{mm},3$ de pluie, et la température maxima se tenait pendant tout ce temps-là entre 19°,5 et 31°. La température moyenne n'était que de 25°,2. Ces conditions anormales exerçaient une influence nuisible sur la végétation dans la partie du champ où poussait cette Orge-ci. Les pieds furent tout frêles et minces et commencèrent déjà à monter en petits épis nains. L'influence de cet état de la température fut la même pour d'autres espèces de Céréales cultivées dans le même champ. Dans plusieurs variétés de Blé, l'épiation ne pouvait pas se produire de la manière habituelle. C'est que les épis faisaient crever la gaine et sortaient de cette gaine rompue bien avant qu'ils fussent parvenus à son sommet.

Mais dans le petit jardin d'essais, ces conditions n'exerçaient, au contraire, qu'une influence toute faible sur la partie où était semée l'autre portion de cet envoi venant de Bonn. La terre, très meuble et nutritive, possédait d'elle-même une force de résistance contre la sécheresse, bien plus grande que l'argile dure et sèche du grand champ d'essais; en outre l'Épine-Vinette et d'autres arbustes encore donnaient de l'ombre à ces plantes-ci. Il ne faudra pas ainsi regarder l'absence de la rouille dans le champ cultivé comme une preuve

contre l'existence d'une source intérieure de maladie vivant dans les grains ou bien dans les plantes elles-mêmes. Au contraire cette absence est à regarder comme un témoignage de plus, — dans ce qui suit nous allons consacrer plus de temps à ce sujet, — témoignage, je le répète, de la grande influence qu'exercent les agents extérieurs, la température aussi bien que l'état du sol, sur le développement du germe interne de maladie et en même temps sur l'apparition et sur l'intensité de la maladie. Évidemment l'importance de ces conditions extérieures est très grande, car c'est à elle qu'est due l'alternance bien connue d'années rouillées et non rouillées. Mais il y a encore un fait, inexplicable aux yeux de maintes personnes, qui en dépend, c'est-à-dire ce que d'une semence de Blé très rouillée peut résulter, une année et dans une certaine localité, une récolte saine, à en juger par l'apparence du moins, et une autre année et à une autre place, une récolte malade.

d. *Époque de la première apparition de maladie en été sur les Blés d'automne et de printemps.* — Une différence de temps, au point de vue du moment de la première apparition de la maladie, comme nous en avons observé dans le Seigle d'automne et dans l'Orge de printemps, s'est aussi manifestée au sujet des Blés d'automne et de printemps. L'été 1892, cette différence fut très considérable. Ainsi, tandis qu'entre le 18 juillet et le 9 août la rouille noire était parvenue à envahir 19 parcelles de Blé d'automne parmi 23 (ainsi 82, 6 p. 100) (Eriksson et Henning, I, 77), il fut impossible de découvrir, même ce dernier jour, une seule trace de maladie dans aucune de toutes les parcelles de Blé de printemps, quoique la distance qui les séparait du Blé d'automne fût restreinte à 12, à 15 mètres (pleine jachère). Sur le Blé de printemps les ravages de la maladie ne se produisaient pas avant les deux dernières semaines d'août, mais alors nous avons noté, parmi 33 parcelles de Blé de printemps, 30 parcelles rouillées (90, 9 p. 100).

Une telle différence de temps, tantôt grande, tantôt peu considérable, s'est aussi manifestée pendant les années suivantes. L'été 1893 par exemple, cette forme de rouille fut observée le 18 juillet sur le Blé d'automne dans 4 parcelles parmi 69 (6, 2 p. 100), tandis qu'à la même occasion on n'en voyait point de traces dans les 20 parcelles de Blé de printemps qui étaient éloignées des autres par un espace de 15 à 25 mètres seulement. Le jour d'observation suivant, le 29 juillet (onze jours plus tard), la rouille avait apparu dans 39 parcelles de Blé d'automne (60 p. 100), mais n'avait envahi qu'une seule parcelle de Blé de printemps parmi 38 (2, 6 p. 100).

Mais où donc chercher la source des premières pustules, apparais-

sant sur les diverses variétés de Blé, et comment expliquer ensuite la différence de temps, se faisant reconnaître au sujet de l'apparition de la maladie sur l'une et sur l'autre variété ? Occupons-nous, pour commencer, de la première de ces deux questions !

Il n'est pas possible que le Blé d'automne, variété de Blé qui est la première à être attaquée par la maladie, ait été contaminée par des pieds voisins déjà rouillés d'autres espèces de Graminées. Les seules plantes qui auraient pu transmettre la maladie sont le Seigle, l'Orge et le Chiendent, mais les essais, exécutés ici, dans le but de chercher à communiquer au Blé la forme de rouille noire, très bien spécialisée (f. sp. *Secalis*), qui attaque ces trois Graminées, ont toujours été tout à fait sans résultats (Eriksson, V, 510).

Il est encore absurde de mettre en question que les uredospores de la rouille noire du Blé seraient, après avoir passé l'hiver, capables de causer, au cœur de l'été, une réapparition de la maladie. Il est vrai que même aujourd'hui on émet en plusieurs pays étrangers — dans ce qui suit nous allons nous en occuper davantage — la supposition que la réapparition au printemps ou en été de la rouille sur les Céréales serait due à des uredospores vivaces, formées l'année précédente. Mais chez nous, aux environs de Stockholm, ce n'est point ainsi. Pour commencer, un certain nombre d'essais, décrits en détail déjà auparavant, ont montré qu'il n'y a pas de telles spores, résultant de l'année précédente (Eriksson et Henning, I, 40, etc.), et du reste les premières pustules d'Uredo apparaissent bien avant dans l'été. C'est que la maladie ne commence pas à envahir la plante avant la mi-juillet, c'est-à-dire environ deux mois et demi après le moment où les uredospores — s'il y en a vraiment datant de l'année précédente — ont déjà germé. Si de telles spores furent vraiment la source d'où la maladie tirait son origine, les pustules auraient dû apparaître dès le milieu ou au moins dès la fin du mois de mai, car, quand il est question d'une inoculation avec ces spores-là, le temps d'incubation ne s'élève qu'à environ dix jours.

Ainsi il serait absurde de supposer, comme la vraie source de l'apparition en été de la maladie, une inoculation d'Uredo ayant lieu au printemps et causée ou bien par des pieds voisins d'autres espèces de Graminées déjà malades ou bien par des uredospores vivaces résultant de l'année précédente.

Par plusieurs raisons l'idée d'une contamination d'Uredo s'étant produite sur le Blé d'automne à l'automne précédent, ne nous paraît pas beaucoup plus admissible. Ce que nous savons au sujet du temps d'incubation — qui ne s'élève qu'à dix jours environ — ne s'accorde point avec l'idée d'une contamination d'Uredo comme la source de la

réapparition de la maladie l'année suivante à la mi-juillet, ainsi neuf à dix mois après que la contagion aurait eu lieu et deux à trois mois après le moment au printemps où les plantes avaient commencé à pousser de nouveaux rejetons. Mais il y a encore une chose qui parle contre une telle théorie, c'est-à-dire la situation des premières pustules d'Uredo apparaissant au cœur de l'été. C'est que dans le Blé aussi bien que dans les autres Céréales celles-ci ne se rencontrent jamais sur une feuille qui reste de l'année précédente, — s'il y en a vraiment quelquefois, — mais au contraire tout en haut de la plante sur les feuilles du second ou du troisième entre-nœud, surtout sur les gaines (Eriksson et Henning, I, 98). Ces parties de la plante se trouvaient, au moment de l'automne où la contamination aurait dû se faire, dans un état fort rudimentaire, si elles avaient même commencé à se former, et certainement elles n'ont pas été à cette époque exposées et accessibles à une contagion transmise par des uradospores contaminantes. Enfin nous pouvons encore, contre l'hypothèse qu'une contamination d'Uredo, ayant lieu à l'automne, serait la source de l'apparition de la maladie l'été suivant, produire une autre raison. C'est qu'il est même difficile de trouver dans une telle contamination une explication suffisante de l'apparition à l'automne des pustules d'Uredo sur le brin.

Les ressources qui nous restent encore pour expliquer la réapparition en été de la maladie sont ainsi les trois suivantes : 1° contamination d'aecidium au milieu de l'été, communiquée d'Épine-Vinette poussant au voisinage; 2° germe de maladie vivant dans la plante elle-même et introduit en elle au printemps par une contagion de sporidies; et 3° germe de maladie contenu dans le grain dès le début et hérité de la plante mère.

L'importance de la première de ces trois suppositions dépend évidemment de deux choses. A quelle distance un buisson d'Épine-Vinette attaqué de rouille peut-il propager la maladie aux environs, et surtout, porte-t-il vraiment la rouille noire du Blé, la seule qui puisse contaminer cette Céréale ?

Quant à la distance à laquelle la propagation de la maladie pourrait se produire, des recherches et des observations nombreuses, faites au champ d'expériences dans le cours des années (Eriksson, V, 513, etc.), nous ont permis de constater, avec une vraisemblance qui est fort voisine de la certitude, que l'Épine-Vinette ne peut infester que le plus proche voisinage et qu'elle n'exerce aucune influence sur les plantes dès qu'elles en sont éloignées de plus de 25 mètres. Puisqu'il en est ainsi, l'apparition de la rouille et sa propagation dans le champ cultivé n'a pas pu être causée par l'Épine-Vinette qui en était éloignée

par un espace de 50 à 75 mètres, surtout comme la précocité de l'apparition, différente en différentes parties du champ d'essais, n'a pas eu de rapport direct avec la variation des distances, chose que nous avons déjà signalée dans ce qui précède. Au contraire c'est dans les parties du champ les plus éloignées que la maladie commence à apparaître.

Mais nous avons encore une raison à produire contre l'Épine-Vinette comme foyer de contagion. C'est que les arbrisseaux du bocage en question ne semblent point avoir porté pendant l'été 1893 d'aecidies de la forme de rouille noire qui attaque le Blé (f. sp. *Tritici*), mais au contraire seulement des aecidies de la forme de rouille, apparaissant sur le Seigle (f. sp. *Secalis*), ce qu'on trouve à force d'observations, faites pendant cet été-là sur différentes semences d'une espèce de Blé de printemps (Emma), très disposée à la rouille noire. Dans ce qui suit nous allons traiter ce sujet en particulier.

Il ne nous reste alors d'autre moyen d'expliquer la première apparition en été de la rouille, que de supposer un germe interne de maladie ou bien introduit à l'aide d'une invasion de sporidies dans la plante, pendant que celle-ci était encore toute jeune, ou bien vivant dans le grain dès le commencement et hérité d'une plante mère malade.

Pour la première de ces deux suppositions, il n'est pas assez qu'une telle invasion directe, ayant lieu sur la plante à l'aide de sporidies d'un champignon autrement hétéroïque, puisse se produire et se produise vraiment dans la nature, supposition qui n'est pas en elle-même absurde, ni même invraisemblable, mais dont la vérité n'est pas encore démontrée. Il faut encore admettre une abondance excessive et en même temps une distribution égale de spores contaminantes au moment où l'invasion devait avoir lieu. En observant la maladie dans sa première apparition dans le champ d'essais, — cela s'applique à la rouille noire du Blé aussi bien qu'à d'autres formes de rouille apparaissant sur d'autres Céréales quelles qu'elles soient, — on ne trouve pas dans les parcelles de parties isolées, envahies bien avant les autres et formant des centres de propagation, desquels la maladie pourrait aller envahir petit à petit la parcelle ou le champ d'essais tout entiers. Au contraire, la rouille apparaît dans toutes les parties du champ ou de la parcelle d'une force égale et presque simultanément avec des intervalles de quelques jours seulement. Ensuite elle s'y développe d'une manière tout égale, à moins qu'une différence manifeste au sujet du sol et du site n'amène un développement des plantes, différent en différentes parties, et par conséquent un développement inégal de la

rouille. L'apparition simultanée et la distribution égale de la rouille portent à croire que les spores d'hiver germinatives sont à la fois abondantes et très également distribuées, si, après tout, c'est vraiment de celles-ci que provient la maladie.

Mais une pareille abondance, où est-elle donc à notre disposition, et ensuite une telle invasion en masse, quand peut-elle bien se produire? S'il s'agit du Blé d'automne, la période favorable serait ou bien l'arrière-saison, — du mois d'août au mois de septembre, époque où cette Céréale commence à lever, — ou bien le printemps, — du mois d'avril au mois de mai, — lorsque des pieds vivaces poussent de nouveaux rejetons. Enfin s'il est question du Blé de printemps, le printemps est évidemment la seule période possible.

Pourtant la vraisemblance d'une telle invasion, se produisant déjà à l'automne sur le brin du Blé d'automne, n'est que toute petite. Il est vrai — il faut l'avouer — que l'année dont il est ici question, c'est-à-dire en 1893, le champ qui portait le Blé d'automne avait été engraissé, l'été précédent, avec du fumier de bestiaux où il y avait peut-être eu des fragments de pailles rouillées. De même il est encore possible que de tels fragments de pailles aient pu se mêler avec la terre dans les parcelles voisines, dont quelques-unes avaient porté, l'été précédent, du Blé rouillé. Or, même s'il en fut ainsi, il n'est pourtant pas à présumer que de telle manière des germes de maladie bien dangereux aient été amenés en abondance particulièrement grande au Blé d'automne commençant à lever à la fin d'août ou au commencement de septembre. C'est qu'il est à croire que les spores d'hiver, toutes récoltées pendant l'automne 1891 et peut-être mêlées dans le fumier ou introduites dans la terre pendant le labour à l'automne, ont, à peu d'exceptions près, terminé leur germination en 1892 (Eriksson, XVIII, 379, etc.), au printemps ou en été. Il s'ensuit qu'aussi tard qu'à la fin d'août ou au commencement de septembre, nous n'aurons pas à craindre une contamination provenant de ces spores-ci. De même il n'est pas admissible qu'en 1892 le brin d'automne eût pu être contaminé par des spores récoltées la même année, puisque la faculté germinative de celles-ci ne se fait reconnaître qu'au printemps qui suit leur formation (1893).

La seule époque où pourrait se produire une invasion en masse, telle que nous l'avons proposée tout à l'heure, serait ainsi le printemps, et cela aussi bien s'il est question du Blé d'automne semé l'année précédente que s'il s'agit du Blé de printemps semé le dernier printemps même. Pourtant nous rencontrons même en ce cas des difficultés assez considérables.

Ainsi la distribution égale de la rouille dans la parcelle, chose qui

ne se laisse guère expliquer, à moins qu'on ne suppose une abondance égale de matières contagieuses, est faite pour nous causer de l'embarras. Car où donc chercher, dans le cas qui nous occupe maintenant, c'est-à-dire au printemps 1893, la source de cette abondance? S'il y avait eu des pailles de Blé rouillées, mêlées dans le fumier dont avait été engraissée, pendant l'été 1892, la partie du champ qui, en 1893, portait du Blé d'automne, il est évident que les spores d'hiver qui, résultant de l'année 1891, s'y rencontraient, auraient dû avoir fini leur germination pendant l'année 1892. Il s'ensuit qu'au printemps 1893 on n'a pas eu à craindre une contamination de ce côté-là. Ainsi nous n'avons à portée qu'une seule récolte de spores, c'est-à-dire celle de 1892, résultant de pailles de Blé qui s'étaient trouvées autre part dans le champ d'essais, et y avaient été enfouies comme du chaume, par le labour à l'arrière-saison. Mais d'un autre côté, on peut bien se demander, si une telle immixtion de matières contagieuses, se produisant dans d'autres parties du champ, suffit pour expliquer l'apparition de la maladie égale et abondante qui s'est fait reconnaître dans la partie qui porte le Blé d'automne.

De nouvelles difficultés nous sont présentées par la différence de temps qui se fait reconnaître dans la première apparition de la rouille et dans ses ravages sur les Blés d'automne et de printemps, — seconde des deux questions capitales que nous avons posées au commencement de ce chapitre. Dans le Blé d'automne la contamination à l'aide de sporidies aurait à se produire sur des pieds, âgés de huit mois, dans le Blé de printemps, au contraire, sur des pieds qui venaient de poindre. Déjà *a priori* il doit paraître étrange qu'un seul et même champignon puisse posséder une telle faculté de s'accommoder aux circonstances, qu'il trouve un substratum nutritif, convenable à son développement normal dans une plantule toute frêle, qui vient de s'élever au-dessus du sol, aussi bien que dans des pousses plus vigoureuses d'une plante âgée de plusieurs mois qui a passé avec succès un hiver froid. Il nous semble que si une telle faculté accommodatrice existait en réalité, la différence de temps dans l'apparition de la rouille et dans ses ravages, qui dans tel ou tel cas se fait reconnaître, devrait toujours se manifester de telle sorte que le champignon parvînt dans le Blé de printemps, tout fluet et poussant rapidement, à un développement plus hâtif que dans le Blé d'automne, fort et vigoureux. C'est donc une règle générale que plus les plantes ou les parties de plantes inoculées sont tendres et frêles, plus rapides deviennent aussi les résultats des inoculations. Maintenant c'est pourtant tout le contraire, car la maladie apparaît

et produit ses ravages sur le Blé de printemps deux à trois semaines plus tard que sur le Blé d'automne.

Néanmoins il n'est pas impossible que l'apparition précoce de la rouille dans le Blé d'automne, chose signalée ci-dessus, puisse trouver son explication dans le fait que le Blé d'automne aurait été exposé à une invasion de sporidies dès le premier moment de la germination des téleutospores, peut-être à partir du mois d'avril, tandis que le Blé de printemps, semé dans la première semaine de mai, n'aurait pu être contaminé qu'au plus tôt dans la seconde semaine du même mois. Il se pourrait aussi que cette précocité eût du rapport avec ce que les phases spéciales du développement de la plante, comme la formation du brin, l'épiation, la fleuraison, etc., ont lieu dans le Blé d'automne à une époque moins avancée de l'année qu'il n'en est le cas dans le Blé de printemps. Par conséquent, la différence de temps présumée devient en effet une identité de temps, si l'on prend en considération les phases de développement que présentent les deux sortes de Blé au moment où la rouille apparaît sur elles et y produit ses ravages.

Le fait que la rouille apparaît sur le Blé de printemps deux ou trois semaines plus tard que sur le Blé d'automne, même si la distance entre eux n'est que peu considérable, — une ou quelques dizaines de mètres seulement, — peut amener la question que peut-être la spécialisation de ce champignon pourrait être poussée à un tel point que les Blés d'automne et de printemps seraient porteurs chacun de sa forme spécialisée du champignon. En elle, une telle supposition n'est point absurde, puisqu'on sait par exemple que de deux Graminées, aussi congénères que le *Phleum pratensis* et le *Phl. Boehmeri*, celle-là porte le *Puccinia Phlei-pratensis* et celle-ci le *P. graminis* (Eriksson et Henning, I, 59, 136; Eriksson, IV, 195). Des essais d'inoculations alternatifs, exécutés dans le cours des années avec les différentes formes, ont pourtant montré — comme on le voit par le tableau II, ci-contre, — qu'une différence semblable entre la rouille noire du Blé d'automne et celui de printemps n'existe point.

TABL. II. — **Essais d'inoculations alternatifs, exécutés avec les formes de rouille noire qui apparaissent sur les Blés d'automne et de printemps.**

INOCULATIONS.		MATIÈRE CONTAGIEUSE.				NOMBRE DES		RÉSULTATS positifs aux lieux d'inoculation.
Années.	Jours.	ESPÈCE.	Faculté germinative.	COMMUNIQUÉE de	COMMUNIQUÉE à	Plantes inoculées.	Lieux d'inoculation.	
1895	6 sept.	Uredo.....	3	Blé de printemps	Blé d'automne	3	28	27 après 23 jours.
1896	13 août.	—	4	—	—	—	21	17 — 28 —
1898	1er juil.	Aecidium élevé d'une variété de Blé de printemps.....	1	.....	Blé d'automne	—	23	9 — 21 —
					Blé de printemps	—	17	2 — — —
—	3 —	Aecidium élevé d'une variété de Blé d'automne.....	1	.....	Blé d'automne	—	25	0 — 31 —
					Blé de printemps	—	21	2 — — —
1899	27 —	Uredo.....	3	Blé d'automne	Blé de printemps	—	27	10 — 21 —
					Blé d'automne	—	25	20 — — —

De ce qui précède, on peut donc conclure que, même si l'idée d'une invasion directe de sporidies comme la source de l'apparition, en été, de la maladie sur les Blés d'automne et de printemps ne peut pas être entièrement repoussée, elle ne suffit pourtant pas à expliquer, à elle seule, d'une manière toute satisfaisante, l'apparition régulière et égale de la maladie dans la récolte de l'année. Pour comprendre celle-ci parfaitement, on n'a qu'à recourir à la supposition d'un germe interne de maladie — vivant dans le grain lui-même et hérité de la plante mère — comme la source principale de la maladie. Ce germe intérieur demande un temps d'incubation comparativement long avant qu'il donne naissance à des taches de rouille visibles, ce qui n'arrive pas avant que les plantes soient montées en épis, c'est-à-dire à peu près un mois avant leur maturité. Dans le Blé d'automne, la maladie commence à apparaître environ onze mois après l'ensemencement, si l'on ne veut pas faire entrer en compte les taches isolées qui quelquefois, d'une manière proleptique, se rencontrent sur le brin pendant l'arrière-saison, à partir d'un mois après l'ensemencement. Dans le Blé de printemps, au contraire, la maladie paraît environ deux mois et demi à trois mois après l'ensemencement. Mais comme toutes les autres fonctions vitales se reposent pendant

ce temps-là, il ne peut sembler étrange que le développement du germe interne de maladie suive la même loi.

e. *Précocité inégale de la maladie dans des Blés de printemps, semés à différentes époques.* — La différence de temps qui, l'été 1893, s'est montrée entre quatre semences différentes de la variété d'Emma, Blé de printemps qui semble très disposé à la rouille noire, fut surtout toute frappante. Avec quinze jours d'intervalle, le 20 avril, le 4 mai, le 19 juin et le 3 juillet, on avait semé de ce Blé dans le bocage d'Épine-Vinette, nommé plus haut.

Par le tableau III, ci-dessous (Eriksson et Henning, I, 296), on voit les résultats de cette culture.

TABL. III. — **Apparition de la Rouille noire dans du Blé de printemps d'Emma, semé à différentes époques.**

(Été 1893.)

JOURS DES SEMAILLES.	DEGRÉS DE L'INTENSITÉ DE LA ROUILLE.						
	6 juillet.	18 juillet.	29 juillet.	3 août.	8 août.	18 août.	5 septemb.
20 avril	0	0,5	0,5	1,5	2,5	2,5	4
4 mai	0	0	0,5	1,5	2	2	3
19 —	0	0	0	0	1	1	3
3 juin	0	0	0	0	0	0	1

Les premières traces de la rouille se montraient :

Sur la 1re semence, le 18 juillet, 89 jours après l'ensemencement;
— 2e semence, le 29 juillet (11 jours plus tard), 86 jours après l'ensemencement;
— 3e semence, 8 août (après encore 10 jours), 81 jours après l'ensemencement;
— 4e semence, 5 septembre (après encore 5 jours), 94 jours après l'ensemencement;

et il est à remarquer que les semences diverses n'étaient séparées les unes des autres que par des espaces de 1 à 2 mètres. Si l'apparition de la maladie avait été causée par une contagion extérieure, transmise de l'Épine-Vinette voisine, la rouille aurait dû apparaître à peu près en même temps sur toutes les semences. La première semence montrant des traces de rouille dès le 18 juillet, l'invasion aurait ainsi eu lieu environ dix jours plus tôt, c'est-à-dire le 8 juillet. Quinze jours avant ce moment-là, les pieds étaient déjà parvenus dans les trois autres semences à un tel degré de développement

Dans la 2e semence ils avaient atteint la hauteur de			30 à 35 centim.
— 3e	—	—	25 à 30 —
— 4e	—	—	10 à 15 —

qu'une invasion n'aurait pas seulement pu, mais même dû se produire et donner des résultats sur eux aussi bien que sur les pieds de la première semence. Cependant il n'en fut pas ainsi, ce qui prouve que la contagion n'a pas pu provenir des arbustes d'Épine-Vinette du voisinage. Mais il y a encore une circonstance qui rend presque impossible la supposition d'une telle contagion venant dehors, c'est que dans le bocage on n'avait rencontré, l'automne de l'année précédente, d'autres Graminées, portant la rouille noire, que le *Triticum repens* (dans le bocage même) et le *Dactylis glomerata* (éloigné de celui-ci par quelques mètres seulement). La première de ces deux Graminées porte la rouille noire du Seigle (f. sp. *Secalis*) — chose qui se fit aussi reconnaître l'été suivant dans la récolte sur la place — et l'autre la rouille noire de l'Avoine (f. sp. *Avenæ*), toutes deux des formes qui n'ont pas le pouvoir de se communiquer au Blé, que la contagion se fasse directement à l'aide d'uredospores, ou indirectement, au moyen d'aecidiospores venant de l'Épine-Vinette (Eriksson, I, 294, etc.; V, 506). De ce qui précède, on peut donc conclure, avec une vraisemblance fort voisine de la certitude, que la rouille noire qui apparaissait sur le Blé d'Emma n'était pas provenue des arbustes d'Épine-Vinette du voisinage.

Or, il reste ainsi deux sources possibles auxquelles on pourrait attribuer la première apparition de la maladie, c'est-à-dire : 1° une invasion de sporidies se produisant sur les plantules au moment de l'ensemencement même, et 2° un germe de maladie contenu dans la semence. Contre la première de ces deux hypothèses, nous pouvons produire le fait qu'il n'y avait eu dans le bocage, — à ce que nous savons du moins, — ni à l'automne de l'année précédente, ni au printemps suivant, aucune paille de Blé qui eût pu transmettre la maladie. A cela vient encore que même s'il y avait eu à cet endroit quelque paille malade, il n'est pourtant guère admissible que, dès la mi-avril jusqu'au commencement de juin, la faculté germinative des spores de cette paille soit restée vivace et que pendant tout ce temps-là leur pouvoir contaminant ait pu se faire valoir.

Il est plus vraisemblable que l'origine de la rouille est dans un germe de maladie vivant dans la semence. La manière dont cette année-là le champignon a apparu dans le bocage parle aussi en faveur d'un tel germe de maladie, parvenant peu à peu à sa maturité. Comme les pustules d'Uredo apparaissaient dès le 18 juillet, il

semble que les spores résultant de ces pustules eussent dû transmettre la maladie à toutes les autres semences avant le délai de quinze jours, le temps d'incubation étant de huit à dix jours seulement. Mais il n'en fut pas ainsi. Le temps qui s'écoulait entre cette date-ci et la première apparition des pustules de la rouille était de :

11 jours pour la 2e semence
21 — 3e —
48 — 4e —

Ces chiffres déposent évidemment contre la supposition que dans les dernières semences l'apparition de la maladie serait due à une contagion venant du dehors, communiquée de la première semence, mais d'un autre côté ils correspondent trop bien aux différents moments d'ensemencement pour n'être attribués qu'à un hasard aveugle. Ils indiquent clairement que l'origine de la maladie est dans la semence elle-même, et il faut encore supposer ici, comme en général en de tels cas, que le germe intérieur de maladie demande un certain temps — ou, pour mieux dire, que le pied de Blé doit avoir atteint un certain degré de développement — pour que la maladie puisse apparaître. Il semble que ce temps, — c'est-à-dire la période de la maturation ou de l'incubation du germe intérieur de maladie — change entre quatre-vingt-un et quatre-vingt-treize jours, l'ensemencement comme point de départ.

Pour ce qui concerne les trois premiers ensemencements qui avaient eu lieu à moments normaux, c'est-à-dire entre le 20 avril et le 19 mai, on trouve aussi un parallélisme évident dans les différences de temps qui se font reconnaître entre l'ensemencement d'un côté et la première apparition de la maladie de l'autre. Ci-dessous nous présentons une combinaison de ces faits :

	Différence de temps en :	
	Ensemencement.	Apparition de la maladie.
	Jours.	Jours.
Entre la 1re et la 2e semence.....	15	11
— 2e et la 3e —	15	10

Que la chose se présente d'une autre façon au sujet de la dernière semence, la différence de temps étant en ce cas

	En ensemencement.	En apparition de la maladie.
	Jours.	Jours.
Entre la 3e et la 4e semaine.....	15	27

c'est là une chose certainement due à ce que l'ensemencement, en

ce cas spécial, avait eu lieu extrêmement tard. Par conséquent les plantes avaient poussé très lentement et d'une manière tout irrégulière. Dans la première semence les pieds se développaient le mieux et le plus vigoureusement, dans les autres c'était au contraire la rouille qui atteignait les plus hauts degrés de développement. Ainsi la maladie parvenait :

	De son minimum (degré d'intensité).	A son maximum (degré d'intensité).	En nombre de jours.
Dans la 1re semence.....	0,5	4	48
— 2e —	0,5	3	37
— 3e —	1	3	27
— 4e —	1	3,5	23

Il est naturel de supposer que le développement plus rapide de a maladie du minimum au maximum d'extension serait dû à une abondance de plus en plus grande des uredospores contagieuses, se trouvant au voisinage. Cependant nous voulons laisser de côté, si cette supposition est justifiée, surtout comme certainement il aurait alors fallu s'attendre à trouver, au sujet de l'apparition de la maladie, une différence de temps, pour chaque semence, de plus en plus faible. Mais, cela n'étant point le cas, on a au contraire observé que cette différence s'augmentait de dix à onze jours entre les trois premières semences jusqu'à vingt-sept jours entre la troisième et la quatrième semence. C'est là une chose qui nous engage à user de précaution quand il s'agit de tirer une conclusion comme celle dont nous venons de parler. Sans doute, il faudrait plutôt chercher l'explication du phénomène dans ce que le temps de la maturation ou de l'incubation du germe intérieur de maladie a été plus court dans les dernières semences.

f. *Précocité et localisation inégales dans de l'Orge semée à différents moments.* — Dans le jardin d'essais au champ d'expériences, on sema, le printemps et l'été 1899, à différents moments, les 19 mai, 26 mai, 2 juin, 9 juin, 20 juin, 30 juin et 10 juillet, des échantillons de deux variétés d'Orge. L'une de celles-ci, l'*Hordeum vulgare* var. *cornutum*, était de cet envoi de Bonn, très disposé à la rouille noire, dont nous avons parlé dans ce qui précède ; l'autre était une variété d'Orge noire à deux rangs, l'*H. distichum* var. *decussatum*, bien disposée à la rouille naine (*Puccinia simplex*). Le premier de ces deux échantillons, récolté en 1898, était la troisième récolte obtenue au champ d'expériences des grains envoyés de Bonn en 1896. L'autre variété, récoltée la même année, était, elle aussi, la troisième récolte sur place, résultant d'un échantillon reçu en 1895, pendant une visite à Gœttingen.

Jusqu'au 10 juillet on ne pouvait observer de traces de rouille dans aucune de ces deux semences, mais ce jour même on commença à distinguer des pustules de l'*Uredo graminis*, pas encore ouvertes, dans la variété de *cornutum*, semence avant-dernière, c'est-à-dire celle du 30 juin. Les pieds ne portaient encore que deux feuilles chacun. Ce ne fut que cinq jours plus tard ou le 15 juillet, ains quinze jours après l'ensemencement, que les pustules s'ouvrirent, et le 24 juillet, vingt-quatre jours après l'ensemencement, la rouille avait envahi les feuilles en assez grande abondance, tandis que d'un autre côté elle avait laissé les gaines tout indemnes.

Ce dernier jour une trentaine de plantes de chacune des semences — celles de la variété de *cornutum* aussi bien que celles de la variété de *decussatum* — furent soumises à un examen sévère. Pour la variété de *cornutum* le résultat en fut tel que le montre le tableau IV, ci-dessous.

TABL. IV. — **Intensité de la Rouille noire dans différentes semences de l'Hordeum vulgare** var. **cornutum.**

(24 juillet 1899.)

Numéros des semences.	JOUR de l'ensemencement.	HAUTEUR approximative (maximum) des plantes.	DÉVELOPPEMENT des plantes à d'autres points de vue.	DEGRÉ DE L'INTENSITÉ DE LA ROUILLE.	
				Sur gaines.	Sur feuilles.
1	19 mai.	50 centim.	Epis tout développés.....	1	0
2	26 mai.	45 —	—	1	0
3	2 juin.	45 —	—	1	1
4	9 —	40 —	— commenc. à se développer.	2	1
5	20 —	35 —	—	0	2
6	30 —	25 —	Point d'épis.	0	3 sur la 1re feuille, 2 sur les 2e et 3e, 0 sur la 4e.
7	10 juil.	15 —	—	0	0

De la variété de *decussatum*, au contraire, toutes les semences se montraient à la même époque entièrement indemnes, bien qu'elles se trouvassent tout près de la variété de *cornutum*.

Pour faire remarquer le développement inégal des plantes des semences diverses, nous allons communiquer ici quelques figures (fig. 1 et 2), représentant une plante caractéristique de chacune des deux variétés d'Orge des semences 3, 4, 6 et 7. Les figures sont faites d'après des photographies, prises le jour nommé plus haut, le 24 juillet, et montrent les plantes dans le tiers de leur grandeur natu-

relle. On voit que toutes les deux variétés, comparées entre elles, vont presque parfaitement du même pied pour ce qui concerne leur développement. Mais il existe une différence évidente entre elles à un autre point de vue. C'est que de l'une d'elles, la variété de *cornutum* (fig. 1), toutes les semences, excepté la plus jeune ou la dernière, sont plus ou moins rouillées, tandis que de la variété de *decussatum* (fig. 2) toutes les semences sont parfaitement saines. Ici on ne peut pas bien s'empêcher de se demander où il faudrait donc chercher la cause de ce phénomène et l'origine de l'apparition de la rouille dans l'une des deux variétés.

S'il est vraiment ainsi que la rouille est provenue d'une contagion du dehors, on peut, en première ligne, songer à une contamination, causée par des Épines-Vinettes, poussant au voisinage. Cet arbuste se trouvait-il bien tout près de la semence qui fut la première à être attaquée (n° 6, du 30 juin)? Mais certainement! Dans le voisinage immédiat du petit rang d'Orge poussait un arbrisseau d'Épine-Vinette, de la hauteur d'un mètre à peu près, et, vers 3 mètres plus au nord, se voyaient, parallèles à ce rang, trois petits buissons d'Épine-Vinette, à peine hauts d'un demi-mètre. Peut-être va-t-on croire que par cela le problème est déjà résolu. En aucune manière. Sur tous ces arbustes on rencontrait des aecidies, c'est vrai, mais il y en avait si peu que déjà, par cette raison, il serait difficile de supposer que ces arbustes d'Épine-Vinette auraient causé une invasion de maladie aussi complète et égale dans tout pied de la semence. Dans l'arbuste le plus grand, il y avait, somme toute, quatre feuilles portant des aecidies, situées du côté de l'arbuste le plus éloigné de l'Orge. Des trois buissons d'Épine-Vinette plus petits, deux restaient indemnes, même le 24 juillet, et sur le troisième exemplaire on ne voyait, le 24 juillet, de traces d'aecidies que sur 4 ovaires et sur un petit nombre de feuilles. Dans le jardin d'essais poussaient encore, à plus grande distance, six arbrisseaux d'Épine-Vinette, et grands et petits, mais même pour eux, ce fut la même chose. Ou bien ils ne montraient point d'aecidies ; ou bien on n'en voyait que de très faibles traces sur quelques feuilles éparses.

Bien qu'il ne fût pas très probable que l'Orge eût été contaminée par l'Épine-Vinette voisine, nous avons pourtant — afin d'en être bien sûrs — avec les quelques aecidies que portait l'arbrisseau le plus proche, exécuté deux essais d'inoculation, l'un sur trois pieds d'Orge, l'autre sur trois pieds d'Avoine, dans le but d'apprendre si les aecidies en question appartenaient à la forme de la rouille noire qui attaque l'Orge. Il aurait été à désirer que dans cette série d'essais on eût aussi pu faire entrer des pieds de Seigle et de Blé, mais, la

matière contagieuse étant trop peu abondante pour suffire à un si grand nombre de plantes, cela nous a été impossible. Ayant recueilli les aecidies le 16 juillet, nous avons mis les spores à germer ce jour même. Le lendemain, celles-ci montrant le degré 2 de faculté germinative, l'inoculation fut exécutée sur les pieds d'Orge à 18 lieux d'inoculation, sur les pieds d'Avoine à 16 lieux. Dans tous les cas les résultats en furent pourtant négatifs ; même aussi tard que le 17 août, c'est-à-dire après trente et un jours, il n'y avait ni sur l'Orge, ni sur l'Avoine, aucune trace de rouille. On peut donc conclure que les aecidies, que portait l'Épine-Vinette en question, ont appartenu à une autre forme de la rouille noire et que, par conséquent, les pieds d'Orge dans le jardin d'essais n'ont point été contaminés par les arbustes en question.

On ne peut non plus admettre une contagion extérieure d'Uredo, puisque le 10 juillet il n'y avait d'*Uredo graminis* sur aucune Graminée, poussant dans le jardin d'essais; on n'en trouvait du reste nulle part au champ d'expériences. Dans le jardin d'essais la motte du *Triticum repens* la première attaquée même ne portait de pustules qu'au même moment que l'Orge.

Dès lors on n'a pas d'autre ressource que de chercher l'origine de la rouille dans l'intérieur des pieds d'Orge eux-mêmes. Dans ces conditions, deux hypothèses peuvent être faites: Ou bien, le germe intérieur est provenu de téleutospores qui ont contaminé les grains en germination pendant le printemps; ou bien l'origine de la maladie a été dans la plante-mère, laquelle l'a transmise par les grains.

L'idée d'une telle origine interne de maladie est encore soutenue par plusieurs faits spéciaux.

Ainsi la localisation inégale des pustules dans les semences diverses parle en faveur de cette théorie. Dans les premières semences (nos 1 et 2) la maladie apparaît d'une manière faible, les pustules se montrant sur les gaines seulement et point sur les feuilles. Dans les deux semences suivantes (nos 3 et 4) les pustules se rencontrent surtout sur les gaines — et alors on en trouve plus à mesure que les gaines sont situées bien en haut du pied — mais il y en a tout de même sur les feuilles, quoique moins abondamment. Viennent ensuite deux semences (nos 5 et 6) dont les gaines sont entièrement saines, tandis que les feuilles portent des pustules en abondance plus grande à mesure que les feuilles sont vieilles. Enfin nous avons la dernière semence (no 7), encore parfaitement indemne.

Si l'on combine ces faits remarquables au sujet de la localisation de la maladie dans les semences diverses avec les conditions météo-

rologiques très curieuses et extrêmement basses qui régnaient au commencement de l'été 1899, les singularités en deviennent moins difficiles à comprendre. Le tableau V, ci-dessous, servira à nous donner un aperçu des conditions météorologiques et de l'eau tombée pendant la dernière décade de mai et pendant tout le mois de juin de cette année-là.

TABL. V. — **Température et eau tombée au Champ d'Expériences du 21 mai au 30 juin 1899.**

MOIS.	DÉCADE.	TEMPÉRATURE MINIM.			TEMPÉRATURE MAXIM.			QUANTITÉ totale d'eau tombée.
		Basse.	Haute.	Moyenne.	Basse.	Haute.	Moyenne.	
		degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	mm.
Mai.....	3 (21-31)	— 1,0	+ 7,0	+ 2,8	+ 7,0	+ 19,5	+ 11,5	21,2
Juin.....	1 (1-10)	+ 1,0	+ 8,5	+ 3,9	+ 11,5	+ 21,0	+ 14,9	3,3
—	2 (11-20)	+ 5,0	+ 12,0	+ 8,1	+ 11,0	+ 26,0	+ 18,9	6,8
—	3 (21-30)	+ 5,0	+ 9,0	+ 7,1	+ 14,0	+ 24,5	+ 18,9	9,1

Pour comparaison nous communiquons ici le tableau VI, aperçu analogue, visant les années de 1894 à 98.

TABL. VI. — **Température et eau tombée, en moyenne, au Champ d'Expériences du 21 mai au 30 juin pendant les années de 1894 à 1898.**

MOIS.	DÉCADE.	TEMPÉRATURE MINIM.			TEMPÉRATURE MAXIM.			QUANTITÉ totale d'eau tombée.
		Basse.	Haute.	Moyenne.	Basse.	Haute.	Moyenne.	
		degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	degrés	mm.
Mai.....	3 (21-31)	+ 1,5	+ 8,4	+ 5,0	+ 11,4	+ 21,8	+ 16,4	14,5
Juin.....	1 (1-10)	+ 4,6	+ 11,5	+ 8,0	+ 14,2	+ 24,8	+ 19,9	18,5
—	2 (11-20)	+ 6,5	+ 13,1	+ 9,6	+ 15,5	+ 26,5	+ 20,6	11,8
—	3 (21-30)	+ 6,6	+ 14,6	+ 10,5	+ 17,3	+ 25,5	+ 22,9	15,7

On peut aisément imaginer que par la température extrêmement basse, ainsi que par le peu d'eau tombée, — conditions qui, à juger d'une comparaison entre ces deux tableaux, ont caractérisé le commencement de l'été 1899, — le développement général des plantes a été arrêté dans les semences d'Orge dont la phase de développement, peut-être la plus importante, tombait justement à cette époque-ci. Cela se manifestait encore par le fait que les pieds des premières ou plutôt de la première semence étaient d'un port plus effilé qu'il n'en est le cas sous des conditions toutes normales, et qu'ils se ramifiaient très peu.

Afin de nous procurer des chiffres très exacts sur ces difformités, nous avons choisi, le 15 juin, dans les trois premières semences (nos 1, 2 et 3) un certain nombre de plantes caractéristiques, dix de chaque numéro, pour les mesurer très scrupuleusement. Le résultat de ces procédés se voit par le tableau VII, ci-dessous:

Tabl. VII. — **Développement de pieds d'Orge semés à différents moments** (15 juillet 1899).

Numéros des semences.	Jours de l'ensemencement.	Longueur des entre-nœuds.						Longueur et largeur des feuilles.				Longueur des épis.
								3 (compté de haut en bas).		2 (compté de haut en bas).		
		1	2	3	4	5	6	Long.	Largeur.	Long.	Largeur.	
		cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.
1	19 mai.	2,7	2,4	9,2	9,7	14,1	22,0	20,1	1,0	19,4	1,4	4,7
2	26 —	2,5	3,4	8,0	8.8	11,2	15,7	21,6	1,2	19,4	1,4	4,9
3	2 juin.	2,9	3,2	8,5	9,5	12,1	15,2	23,3	1,3	19,3	1.5	5,8

Évidemment les pieds de la première semence sont ceux qui ont souffert le plus des conditions météorologiques si peu favorables. Les entre-nœuds, à l'exception des deux inférieurs, lesquels sont toujours les plus courts, ont poussé trop vite et atteint partout une longueur plus considérable que dans les autres semences. En partant du sommet du pied, on voit que la troisième feuille, laquelle a eu sa période de développement principale au commencement de juin, est, dans la première semence, moins bien développée, au point de vue de longueur et de largeur, que dans les semenees suivantes. L'épi même est beaucoup plus frêle dans les pieds de la première semence que dans ceux des autres semailles.

Il ne doit pas sembler étrange qu'une aberration se manifeste dans l'apparition de la rouille depuis qu'elle s'est fait remarquer dans tout le développement des entre-nœuds, des feuilles et des épis. Pour sûr cette aberration est due aux conditions météorologiques anormales auxquelles ont été exposées les premières semences et surtout la toute première, au début du développement des plantes. Les feuilles et les entre-nœuds inférieurs des pieds de ces semences-là ne possédaient point le pouvoir de faire mûrir le germe de maladie sommeillant encore dans l'intérieur des pieds, chose qui est évidemment à attribuer à la température froide et sèche. Car d'après une règle générale, s'appliquant à celle-ci, comme à toute autre forme de rouille attaquant les Céréales, ce n'est jamais sur des plantes frêles et languissantes que la rouille commence à apparaître et où elle parvient au développement le plus vigoureux.

Au contraire, c'est toujours dans les pieds forts, vigoureux et d'une couleur vert foncé qu'a lieu la première apparition et le meilleur développement du champignon. Il paraît que le germe intérieur de maladie ne peut pas parvenir à sa maturité, à moins que la plante ne profite de tout ce qui est nécessaire à son développement normal, substances nutritives, lumière, chaleur, humidité, etc. Mais si elle est dépourvue de quelques-uns de ces avantages ou bien si elle en jouit en trop grande abondance, le champignon n'apparaît pas. Or, des circonstances anormales s'étaient justement produites en même temps qu'avait eu lieu, dans les premières semences d'Orge, le développement normal des deux ou trois feuilles inférieures. Par conséquent, c'est certainement dans cet état des choses même, qu'il faudra chercher la cause du faible développement de la rouille.

Pour les semences suivantes, les conditions météorologiques furent pendant les périodes correspondantes toutes normales. Aussi la rouille eut-elle assez de force pour pouvoir apparaître d'une manière toute régulière sur les feuilles des cinquième et sixième semences. En commençant par attaquer les feuilles inférieures, elle continuait à se répandre jusqu'au sommet de la plante. En même temps eut aussi lieu, dans les premières semences, la principale phase du développement des gaines, et par conséquent nous voyons la maladie apparaître même sur celles-ci.

Mais il y a encore une chose qui parle en faveur de la supposition d'une source interne de maladie, c'est-à-dire l'égalité évidente qui, dès la première apparition de la maladie, s'est fait reconnaître au sujet de la distribution des pustules dans la sixième semence tout entière. Pas une seule des plantes, lesquelles étaient au nombre de 100 à 200, n'était saine, et toutes étaient attaquées de la même manière. Il n'est pas bien probable que les spores qui peut-être auraient pu provenir des aecidies très rares qu'on trouvait dans le jardin d'essais sur les arbrisseaux d'Épine-Vinette, eussent été capables de causer une invasion de rouille aussi égale et intense. Car en pareil cas, tout le jardin d'essais aurait dû montrer les traces d'une contamination abondante, ce qui n'arrivait pas. Il n'y avait qu'un seul numéro du *Triticum repens* qui, à cette époque, portât des pustules de rouille, et cela sur les gaines seulement, point sur les limbes — il en fut de même quinze jours plus tard, le 30 juillet, — bien que des essais d'inoculation, exécutés dans le cours des années, aient montré que les limbes sont loin d'être indisposés à la maladie. Un autre numéro de la même Graminée restait entièrement indemne encore le 15 juillet et ne montrait aucune trace de rouille avant le 24 du même mois.

Nous pouvons encore apporter à l'appui de notre opinion sur le germe intérieur de maladie un troisième fait : l'absence de rouille le 24 juillet dans toutes les semences de la seconde variété d'Orge, c'est-à-dire l'*Hordeum distichum* var. *decussatum*. Si vraiment la maladie était provenue d'une contagion extérieure, transmise à la plante, peu avant son envahissement, par des aecidiospores d'Épine-Vinette, il doit sembler bien étrange que toutes les semences de cette Orge fussent indemnes quoique la distance qui les séparait des Épines-Vinettes fût toujours à peu près la même. En outre, il ne peut que nous surprendre que la rouille ne se fût pas communiquée, à l'aide d'uredospores, de l'Orge très rouillée de la variété d'*Hordeum vulgare* var. *cornutum* aux pieds voisins de l'Orge à deux rangs. Il semble qu'on eût pû découvrir dans cette dernière variété au moins quelques pustules isolées, car il n'est donc pas à croire que cette Orge soit si extrêmement peu disposée à la rouille noire. Mais on a eu à chercher en vain. Dans toutes les semences les plantes demeuraient entièrement saines.

Six jours plus tard, le 30 juillet, la chose se présenta à peu près de même pour cette variété d'Orge. Dans l'autre variété on pouvait cependant observer d'assez grandes différences, comme le montre le tableau VIII, ci-dessous. De plus, il est à remarquer que les traces de rouille, qui alors apparaissaient dans les deuxième et troisième semences de l'Orge à deux rangs, furent restreintes, dans la deuxième, à une toute petite tache sur chacune des 4 gaines, dans la troisième, à une telle tache sur une seule gaine.

TABL. VIII. — **Intensité de la Rouille noire dans sept semences différentes de l'Hordeum vulgare** var. **cornutum et de l'Hordeum distichum**, var. **decussatum, au Champ d'Expériences** (30 juillet 1899).

NUMÉROS des semences.	JOURS de l'ensemencement.	DEGRÉ DE L'INTENSITÉ DE LA ROUILLE DANS			
		L'HORDEUM VULGARE. VAR. CORNUTUM.		L'HORDEUM DISTICHUM, VAR. DECUSSATUM.	
		Gaines.	Limbes.	Gaines.	Limbes.
1	10 mai	2 à 3	0	0	0
2	20 —	1 à 2	0	1	0
3	2 juin	2 à 3	1	1	0
4	10 —	3 à 4	2 à 3	0	0
5	20 —	1	2 à 3	0	0
6	30 —	0	3 à 4	0	0
7	10 juillet	0	1	0	0

Vu ces faits, on ne peut guère que regarder l'Orge en question

comme indisposée à une contagion provenant de la rouille noire, en cas que cette contagion soit transmise par des uredospores. Qu'une telle opinion ne puisse pourtant être justifiée, c'est là une chose qu'on a bien vue à la suite d'un essai d'inoculation dont je vais faire la description. Dans le jardin d'essais nous transplantâmes, le 24 juillet, dans des pots à fleurs, un certain nombre de pieds de la variété de *decussatum*. Les pieds résultaient de la semence du 10 juillet et étaient ainsi parvenus à peu près au même degré de développement que les pieds tout indemnes de la septième semence dont nous avons parlé plus haut. Le lendemain, des inoculations furent exécutées de manière ordinaire sur ces plantes avec de l'*Uredo graminis*, récolté de la semence rouillée d'Orge carrée, numéro 6. Les spores montraient le plus haut degré de développement (degré 4). Les plantes inoculées étaient au nombre de 4, et le nombre des lieux d'inoculation montait à 27. Après onze jours on pouvait distinguer des traces de maladie sur 15 lieux d'inoculation et après dix-huit jours, sur 20 lieux inoculés. A aucun lieu d'inoculation les pustules ne furent ni nombreuses, ni grandes, c'est vrai, mais elles montraient pourtant, avec évidence, que la variété n'est point à considérer comme indisposée à la rouille noire. Ainsi elles indiquent, elles aussi, que dans les cas où la rouille apparaît plus abondamment, la source de la maladie est à chercher dans un germe intérieur de maladie.

g. *Précocité inégale et développement plus ou moins hâtif de la maladie dans de différentes variétés de la même Céréale, se trouvant côte à côte.* — On n'a pu manquer de remarquer que, même s'il ne s'est pas manifesté, dans les diverses variétés de la même Céréale, une disposition pour la maladie aussi inégale quand il est question de la rouille noire que lorsqu'il s'agit de la rouille jaune, certaines variétés sont néanmoins attaquées par la rouille noire une semaine, ou peut-être encore plus, avant les autres. Par conséquent la maladie atteint aussi, dans les variétés les premières attaquées, même si celles-ci poussent tout à côté des autres, un maximum d'extension un peu plus hâtif. Il paraît ainsi qu'il existe dans les diverses variétés une disposition inégale même pour la rouille noire, chose qui ressort du reste de ce qui vient d'être dit au sujet de deux variétés d'Orge cultivées l'une parallèle à l'autre, l'*Hordeum vulgare* var. *cornutum* et l'*Hordeum distichum* var. *decussatum*. Il en est ainsi, même si, grâce à une influence modificative de la faculté germinative des uredospores de cette forme de rouille — faculté en général très bonne — cette différence ne peut, dans un champ d'essais, se faire valoir qu'à un certain degré. C'est qu'à une telle localité, bien des variétés, quelques-unes plus,

d'autres moins disposées à la maladie, sont cultivées dans de petites parcelles d'essais situées les unes tout à côté des autres.

C'est en première ligne par la manière dont les choses se sont passées au sujet de l'Avoine, que nous avons été amenés à la supposition d'une telle différence entre les variétés diverses. Parmi toutes les variétés d'Avoine — au nombre d'une centaine environ — qui, dans le cours des années, ont été cultivées au champ d'essais, la plus précoce a toujours été une certaine sorte d'Avoine noire à arêtes, l'*Avena sativa* var. *montana*, reçue de M. F. Koernicke à Poppelsdorf, Bonn (1887). Elle monte en épis et mûrit ses grains une à deux semaines plus tôt qu'aucune autre sorte. Elle est aussi la première à porter des pustules de rouille noire tout ouvertes, et c'est ensuite sur elle que la maladie atteint au plus vite le maximum de son extension.

Ainsi, en 1893, cette sorte a montré des traces de rouille, le 29 juillet, les panicules ayant apparu le 30 juin, tandis qu'au voisinage le plus proche, deux autres sortes d'Avoine (Regenerierter schwedischer et Finnbarn), dont les panicules avaient paru le 7 juillet, restaient parfaitement indemnes. Quinze jours plus tard, le 12 août, la variété de *montana* portait de la rouille en abondance (degré 3), tandis que dans les deux autres on n'en voyait que de bien faibles traces. Ce n'est qu'après trois semaines encore, le 5 septembre, que l'intensité de la rouille dans ces dernières sortes a atteint le même degré de développement, représenté par le chiffre 3. En 1894, on a observé des traces de rouille dans la variété de *montana* dès le 13 juillet, en même temps que deux parcelles voisines, portant d'autres sortes d'Avoine, demeuraient entièrement saines, et vingt jours plus tard, le 2 août, lorsque, sur la première variété, la rouille avait atteint le maximum de son extension (degré 4), les deux autres étaient à peine parvenues au degré 3. En 1896, on a vu des pustules de rouille dans la variété de *montana* dès le 21 juillet, tandis que trois autres sortes, poussant tout près de cette variété-là, restaient indemnes. Enfin, en 1898, la variété de *montana* a été très gravement attaquée par la rouille, — les pailles et les feuilles ont même été toutes rouges (degré 4), — pendant qu'au même moment deux parcelles voisines, couvertes d'autres sortes d'Avoine (Canadienne et Rousse couronnée), ne montraient que de très faibles traces de rouille.

Après la variété de *montana* viennent — aussi bien quand il est question de la hâtivité de l'apparition de la maladie que lorsqu'il s'agit de la précocité qui se fait reconnaître au point de vue de la formation des panicules et de la maturation — deux sortes d'Avoine, originaires d'Aure et de Snausen en Jaemtland et reçues en 1892. Les circonstances qui se produisaient au voisinage de celles-ci étaient

analogues à celles qui avaient lieu tout près de la variété de *montana*, bien qu'elles ne fussent pas tout aussi frappantes. C'est que la préséance, au point de vue de la précocité, n'était pas dans ces sortes-ci aussi considérable que dans la variété de *montana*. Mais même ici on pouvait en général, à l'aide d'observations scrupuleuses, remarquer une hâtivité plus considérable. Ainsi, en 1893, une parcelle, portant de l'Avoine de Snausen, montrait des traces de rouille le 29 juillet, et quatorze jours plus tard, le 12 août, le degré de son intensité était déjà monté au chiffre 2, tandis que deux autres parcelles voisines, portant, elles aussi, de l'Avoine (*Avena orientalis* var. *obtusata* et *A. sativa* var. *brunnea*), restaient encore parfaitement indemnes, la première de ces deux dates-ci, et ne montraient, la dernière, que de très faibles traces de rouille. Dans une autre parcelle, couverte d'Avoine de Snausen, la rouille était parvenue ce dernier jour au degré 3 ou 4, tandis que deux parcelles voisines, portant d'autres sortes d'Avoine (Rousse couronnée et Wide Awake) ne montraient que très peu de rouille. En 1894, on a observé le 13 juillet, dans une partie couverte d'Avoine d'Aure, des traces de rouille abondantes (degré 2), tandis qu'une parcelle voisine, portant une autre sorte d'Avoine (Gelber August), point aussi précoce, demeurait parfaitement saine, et vingt jours plus tard, le 2 août, l'intensité de la rouille s'élevait pour l'Avoine d'Aure au degré 3, tandis que dans la parcelle voisine elle ne surpassait pas le degré 1. La même année on a vu de la rouille (degré 1) dans l'Avoine de Snausen dès le 13 juillet, pendant que trois autres sortes d'Avoine, poussant tout au voisinage (Schottischer Shireff, Ligowo et Gelber August), restaient indemnes, et vingt et un jours plus tard, le 3 août, l'intensité de la rouille était montée dans la première sorte au degré 3 au moins, tandis que dans les trois autres sortes elle n'avait pas surpassé les degrés 1 à 2. Enfin, en 1897, l'Avoine de Snausen était attaquée de rouille (degré 1) le 15 juillet, une sorte poussant tout près (*Avena sativa* var. *grisea*) demeurant saine, et dix-huit jours plus tard, le 2 août, le degré de l'intensité de la rouille a pu être fixé dans le premier cas au numéro 2, dans l'autre au numéro 1.

Toutes ces observations montrent qu'il y a un rapport évident entre la précocité du développement général de la sorte et la hâtivité de l'apparition de la rouille. Ce n'est pas seulement entre l'Avoine et la rouille noire, mais aussi bien entre toute autre espèce de Céréale et les formes de rouille qu'elle porte qu'on trouve un tel rapport. Dans ce qui suit, nous allons en ajouter encore quelques exemples.

Cependant il paraît que cette règle n'est pas tout à fait sans exceptions. En quelque mesure, la variété de Blé de printemps à laquelle

on a donné le nom d'Emma nous en offre une. De tous les Blés de printemps sur lesquels on a fait des essais au Champ d'Expériences, il n'y a guère eu un seul qui ait été aussi gravement attaqué par la rouille noire que l'est en général la sorte d'Emma, bien qu'elle soit certainement à compter parmi les sortes tardives plutôt que parmi les sortes précoces. Il est vrai que, vu les premières phases de son développement, on ne devrait pas la considérer comme tardive, plutôt le contraire, mais d'un autre côté le temps de maturation qu'il lui faut est excessivement long. Au premier développement précoce se lie une apparition de maladie hâtive, et, grâce à la longue période de croissance et de maturation qui suit, le champignon a bien le temps d'envahir la sorte d'une manière très grave avant qu'elle soit à récolter. En 1894, par exemple, nous avons observé, dès le 13 juillet, des traces de rouille sur le Blé d'Emma dans 4 parcelles, situées à différentes parties du champ d'essais, et vingt jours plus tard, le 3 août, les degrés de l'intensité de la maladie dans ces 4 parcelles furent fixés aux chiffres 3, 3, 2 et 2. Le 13 juillet, toutes les parcelles voisines portant 10 autres sortes de Blé étaient encore parfaitement saines, et le 3 août, 4 parcelles parmi les 10 restaient toujours indemnes; sur 3 l'intensité de la rouille avait atteint le degré 1, et sur 3 le degré 2.

Les quelques exemples que nous avons donnés dans ce qui précède prouvent ainsi qu'à la suite d'essais continus, poursuivis d'année en année, on a trouvé d'abord un rapport évident entre la précocité de la sorte et l'apparition de la rouille noire, et ensuite dans la sorte la première attaquée un développement de la maladie si intense que sous peu toutes les pailles du même âge deviennent également envahies par la rouille, tandis que dans les parcelles voisines les pailles restent, même si elles effleurent celles de la parcelle rouillée, longtemps indemnes ou très peu infestées. Mais, comment donc mettre ces phénomènes en rapport avec l'opinion généralement répandue qu'une contagion extérieure, transmise des plantes malades du voisinage, serait la seule source de l'apparition et de la propagation de la rouille? Il est ici question d'une forme de rouille dont les uredospores germent en général rapidement et d'une manière très égale, et il s'agit de sortes de Céréales qui ne sont point en elles-mêmes indisposées à une contamination extérieure. Ceci se comprend surtout par ce qu'à la fin il n'y a en général aucune sorte de Seigle, ni de Blé, ni d'Orge, ni d'Avoine — ou du moins il y en a extrêmement peu — qui ne devienne attaquée par la rouille, si les conditions extérieures favorisent le développement du champignon. Ce qui encore montre qu'il en est ainsi, c'est le fait qu'on

obtient par des essais d'inoculation artificiels, exécutés avec cette forme de rouille, dans son état d'Uredo, des résultats presque également bons quelle que soit la sorte qu'on choisisse pour substratum à l'inoculation et si précoce que soit la phase de développement de la plante destinée à y servir. Ainsi l'inégalité évidente qui se fait reconnaître dans des parcelles, situées côte à côte, ne peut dépendre ni d'une absence de matières contagieuses, ni d'une indisposition de la plante elle-même pour la maladie. Il me semble qu'il n'y a pas d'autre ressource d'expliquer ces phénomènes que de supposer que la source principale de l'apparition et du développement de la rouille est à chercher dans un germe intérieur de maladie — quelles que soient la nature et l'origine de ce germe — vivant dans la plante elle-même et que ce germe sommeillant encore demande un certain temps pour pouvoir mûrir, ou, pour ainsi dire, qu'il exige un certain degré de développement de la plante nourricière avant qu'il puisse paraître et faire valoir son pouvoir destructeur.

h. *Localisation des premières pustules d'*Uredo *apparaissant en été sur les Céréales.* — La situation même des premières pustules d'Uredo qui en été apparaissent sur les plantes ne peut que nous paraître étrange, si nous voulons essayer d'en expliquer l'existence par une contagion extérieure, peu avant l'apparition de la maladie apportée à la plante au moyen d'aecidiospores ou bien d'uredospores. D'un examen spécial, que nous avons fait pendant l'été 1892 sur 50 pailles de Seigle et 10 pailles d'Avoine, il résulte (Eriksson et Henning, I, 97, etc.) que les premières pustules d'Uredo apparaissent en général :

Dans le Seigle sur les 4e à 5e entre-nœuds, environ $0^m,606$ au-dessus du sol ;
Dans l'Avoine sur les 2e à 6e entre-nœuds, environ $0^m,324$ au-dessus du sol.

Les années suivantes, l'apparition des premières pustules d'Uredo dans les Céréales s'est toujours produite de la même manière, c'est-à-dire elle a eu lieu en haut de la plante, sur les entre-nœuds du milieu. Mais comment combiner cet état de choses avec l'âge respectif des entre-nœuds divers? A force de suivre, pendant l'été 1893, la croissance d'un pied de Blé et d'un pied d'Avoine, à partir du moment où la gaine du germe commence à s'élever au-dessus du sol jusqu'à l'époque où les épis et les panicules paraissent, on a trouvé (Eriksson et Henning, I, Taf. II, 15-16) que la quatrième gaine de la paille — dans le Seigle c'était en général celle-là qui portait les premières pustules — est à regarder comme de dix jours plus jeune

que la troisième et de vingt jours que la seconde, etc., ou, pour ainsi dire, que la seconde gaine a été découverte et exposée à une contamination extérieure vingt jours plus tôt que la quatrième et ensuite la troisième gaine dix jours plus tôt que celle-ci. Que néanmoins les pustules aient commencé par apparaître sur les quatrième et cinquième gaines, où l'on avait le moindre sujet de les attendre, c'est là une chose qu'on ne peut pas bien attribuer à un hasard aveugle. On ne peut non plus admettre ni que les spores, propagées par le vent, eussent toujours été éloignées du sol par une distance égale, ni que les gaines des feuilles inférieures eussent été moins disposées à une contagion que celles des feuilles supérieures et des feuilles du milieu. Nous ne pouvons citer aucune expérience qui puisse appuyer de telles suppositions. Au contraire, cet état de choses doit ainsi faire naître le soupçon que la maladie n'est pas provenue d'une contagion extérieure, mais d'un germe interne de maladie, germe dont l'époque de maturation normale a lieu après que les quatrième et cinquième gaines ont fini de croître en longueur.

Il y a encore une chose qui parle en faveur d'une telle opinion, c'est-à-dire le fait qu'en général la maladie commence par apparaître sur les gaines et s'y développe le mieux et le plus vigoureusement, quoique celles-ci n'offrent aux spores errantes qu'une surface encore plus petite que les limbes des feuilles. En outre, les gaines sont revêtues d'un dépôt cireux glauque plus riche que les limbes, chose en général considérée comme un moyen de protection pour l'organe respectif contre l'invasion de la rouille.

1. *Variété d'Orge sans revêtement cireux et tout de même presque parfaitement indemne.* — Pour ce qui concerne l'importance présumée d'un revêtement cireux comme moyen de protection contre une attaque bien grave de la maladie, nous avons déjà autre part (Eriksson et Henning, I, 362) signalé le fait caractéristique qu'au champ d'expériences la sorte de Blé de printemps, le Blé carré de Sicile rouge, la mieux disposée à la rouille jaune de toutes les sortes examinées, a été en même temps excessivement glauque. Dans une des sortes de Blé d'automne les mieux disposées à cette forme de rouille (*Triticum dicoccum* var. *atratum*), la chose s'est présentée de même.

A ces raisons contre l'influence protectrice d'un revêtement cireux nous pouvons — du moins dans notre pays — lorsqu'il s'agit de la rouille noire, en ajouter un nouveau, d'un intérêt point médiocre.

De Svalœf en Scanie (Suède) nous reçûmes en 1894, insérée dans une collection d'échantillons d'Orge, comprenant 89 sortes diverses,

une dont les feuilles et les pailles étaient indiquées comme dépourvues de dépôts cireux. La sorte était levée d'un très petit nombre de grains triés d'une Orge gottlandaise. Comme il était certainement d'un grand intérêt d'apprendre à connaître comment cette sorte d'Orge allait se comporter à l'égard de la rouille, on en sema au printemps 1896 quelques grains. Même toutes les années suivantes, cette sorte a toujours été cultivée au champ d'expériences dans des parcelles de plus en plus grandes, et constamment elle s'est montrée presque entièrement dépourvue de revêtement cireux. En outre, elle a toujours, par sa couleur caractéristique d'un vert très vif, contrasté fortement avec toutes les autres sortes d'Orge, cultivées dans le champ d'essais. Si les opinions généralement répandues sur l'influence protectrice d'une matière cireuse étaient vraiment justifiées, il est à présumer que cette sorte-ci serait plus grièvement attaquée par la rouille noire que toutes les autres. Cependant cela n'est point le cas. Tous les ans la sorte toute verte est restée indemne ou presque indemne, tandis que les parcelles voisines ont été plus ou moins rouillées.

Sous ce rapport, il faudra surtout citer ce qui a eu lieu pendant l'été 1897, été qui semble avoir bien favorisé le développement de la rouille noire de l'Orge. En général, l'Orge est dans le champ d'essais la Céréale la moins attaquée, mais cet été-là il en fut presque tout le contraire. Dès le 15 juillet, 28 parcelles d'Orge (parmi 78) montrèrent des pustules de l'*Uredo graminis* très nettes et tout ouvertes — dans deux sortes très précoces la rouille avait même atteint le degré 2 — et dix-neuf jours plus tard, le 3 août, toutes les parcelles, à l'exception de 2, étaient plus ou moins grièvement envahies par cette forme de rouille. Dans 3 parcelles, la rouille avait alors atteint le maximum (degré 4) de son extension : dans 23 parcelles elle était parvenue au degré 3, dans 36 au degré 2 et dans 14 au degré 1. Après onze jours encore, le 14 août, la rouille avait atteint dans 33 parcelles le maximum de son extension (degré 4) et était parvenue dans 20 au degré 3. Les deux parcelles qui, examinées le 3 août, étaient encore parfaitement saines et ne montraient le 14 août que des traces de rouille bien faibles (à peine le degré 1) portaient justement cette sorte d'Orge, dépourvue de revêtement cireux, dont nous venons de parler. Cependant l'une d'elles se trouvait dans le voisinage immédiat de l'une des parcelles d'Orge où, même le premier jour des observations, le 15 juillet, la rouille avait atteint le degré 2 de développement. En outre, elle était entourée, à une distance de 10 mètres environ, de 11 autres parcelles d'Orge, devenant toutes, pied à pied, plus ou moins rouillées. Parmi

les 12 parcelles environnantes, portant de l'Orge, on a observé :

Le 15 juillet :	1	parcelle où la rouille avait	atteint le degré	2
—	1	—	—	1
2 août :	1	—	—	4
—	3	—	—	3
—	5	—	—	2
—	3	—	—	1
14 —	5	—	—	4
—	7	—	—	3

Cette absence de rouille presque absolue sur la seule sorte qui est dépourvue de revêtement cireux, toutes les autres sortes étant grièvement attaquées par la maladie, parle assurément contre les opinions généralement répandues sur les qualités protectrices présumées d'un dépôt cireux. En outre, elle dépose, dans une certaine mesure, contre la supposition d'une contagion extérieure comme la source principale de la maladie et nous invite aussi à porter, en la cherchant, les regards vers l'intérieur de la plante.

2. **Puccinia glumarum**. — Rouille jaune.

a. *Époque et manière d'apparition des premières pustules d'*Uredo *dans le brin du Blé d'automne.* — A plusieurs points de vue, la première apparition de la rouille jaune et celle de la rouille noire dans le brin du Blé d'automne ne se ressemblent pas. Pour commencer par l'époque de l'apparition, il est à remarquer que dans les Blés les mieux disposés à cette forme de rouille, indépendamment d'agents extérieurs, — comme par exemple uredospores contagieuses se trouvant au voisinage en abondance plus ou moins grande, conditions météorologiques diverses, etc., — les pustules de la rouille jaune ont apparu au champ d'expériences tous les ans presque à la même époque, c'est-à-dire vers quatre à cinq semaines après l'ensemencement, à la fin de septembre ou bien au commencement d'octobre. Les premières pustules paraissent sur la première feuille du brin ; viennent ensuite, cinq à six jours plus tard, des taches sur la seconde feuille. Ainsi on trouve petit à petit de nouvelles pustules sur toutes les feuilles suivantes jusqu'à ce que le froid de l'hiver vienne interrompre, pendant une grande partie de l'année, le développement poursuivi du champignon (Eriksson et Henning, I, 148, etc.).

Ce qui est encore remarquable, c'est la manière d'apparaître de cette forme de rouille. Tout à coup, un très grand nombre de pustules se montrent sur la feuille, occupant dès le début une

surface assez grande, un quart à un tiers de la feuille tout entière, qui, à cela près, est très vigoureuse et d'une couleur vert foncé. L'ensemble des pustules s'agrandit rapidement par la réapparition presque journalière de nouvelles taches dans la continuation immédiate des rangs de pustules qui existent déjà. Cependant on voit rarement se former de nouveaux groupes de pustules isolées, aussi éloignées du groupe originaire qu'il faudrait les considérer comme nées par de nouvelles contaminations indépendantes. Il est même douteux que pendant la première phase de la maladie cela ait jamais lieu sur les premières feuilles du brin (Eriksson et Henning, I, 151).

Or, comment serait-il bien possible d'expliquer d'une manière satisfaisante les singularités que nous venons de signaler au sujet du moment de l'apparition de la maladie et de sa manière de vivre, si l'on admet une contamination d'Uredo comme la source de la maladie. Une telle supposition ne pourrait nous donner aucun éclaircissement sur ce que les premières pustules apparaissent au moins deux semaines plus tard qu'on pourrait l'attendre, lorsqu'on connaît la durée du temps d'incubation après une inoculation, exécutée au moyen d'uredospores (environ dix jours). Le rapport qui existe entre l'époque de l'apparition de la maladie et l'âge des feuilles diverses ne peut aussi qu'amener la supposition d'un germe interne de maladie, demandant justement ce temps, nommé plus haut, d'environ trente jours, pour parvenir à sa maturité. Ensuite, l'intensité de l'apparition et de la propagation de la maladie porte à croire qu'il y a dans ce germe-ci une vitalité interne plus grande que dans le germe de la forme correspondante de la rouille noire, et qu'en outre il existe ici entre la plante hospitalière et le parasite un rapport encore plus intime que dans la forme de la rouille noire.

b. *Époque d'apparition de la maladie en été sur les Blés d'automne et de printemps.* — Quand il s'agit de l'apparition en été des premières pustules de la rouille jaune sur les Blés d'automne et de printemps, aussi bien que lorsqu'il est question de l'époque des plus graves ravages de cette forme-ci sur ces sortes de Blé, nous remarquons une différence tout évidente. Ce n'est pas seulement pendant des années très peu favorables au développement du champignon, comme par exemple à Stockholm les années 1891 et 1893, que cette différence se manifeste, mais aussi bien pendant les années les mieux faites pour aider à un développement vigoureux de la maladie, comme par exemple les années de rouille jaune, 1890 et 1892 (Eriksson et Henning, I, 166, etc.).

Ainsi, en 1891, la rouille jaune apparut sur le Blé d'automne et s'y

propageait entre le 4 mai (1 parcelle parmi 15 examinées) et le 7 juillet (35 parcelles parmi 72), tandis que dans les 61 parcelles examinées qui portaient du Blé de printemps, on ne pouvait découvrir même le 4 juillet, ainsi au juste deux mois plus tard, aucune trace de rouille jaune. En outre, il faudra ajouter que dans le Blé de printemps on n'a remarqué avant le 22 juillet, ou dix-huit jours plus tard que dans le Blé d'automne, aucune propagation de la maladie digne qu'on en fasse mention. En 1893, la rouille jaune apparut sur le Blé d'automne et s'y propageait entre le 29 mai (5 parcelles parmi 82) et le 29 juillet (38 parcelles parmi 70), pendant que le 7 juillet même, c'est-à-dire deux mois et huit jours plus tard, toutes les parcelles examinées (41), portant du Blé de printemps, restaient indemnes. Ce n'est que le 10 août, ainsi douze jours plus tard que dans le Blé d'automne, que la propagation de la maladie est devenue plus considérable (sur 30 parcelles parmi 41).

Les années 1890 et 1892 se font remarquer par les ravages bien graves de la rouille jaune. En 1890, elle apparut et se propageait sur le Blé d'automne entre le 13 juin (6 parcelles parmi 111) et le 27 du même mois (44 parcelles parmi 58), en parvenant alors dans 16 parcelles à un développement très considérable (degrés 3 à 4). Sur le Blé de printemps, au contraire, nous n'en avons observé de traces que vingt jours plus tard, c'est-à-dire le 3 juillet, date où 51 parcelles parmi 77 furent attaquées à la fois. Des 51 parcelles infestées, il n'y en avait pourtant que 7 où la maladie parvînt à un plus haut degré d'intensité (degré 3). En 1892, la période correspondante tombait pour le Blé d'automne entre le 30 avril (10 parcelles parmi 57) et le 17 juin (42 parcelles parmi 44), et ce fut alors dans 15 parcelles que la maladie apparaissait en bien grande abondance (degrés 3 à 4). Dans le Blé de printemps, au contraire, les premières traces ne furent pas observées avant le 4 juillet (dans 12 parcelles examinées), ainsi deux mois et quatre jours plus tard que dans le Blé d'automne, et du reste la propagation de la maladie n'y est pas devenue bien considérable avant le 21 juillet (28 parcelles parmi 31), ainsi un mois et quatre jours plus tard que dans le Blé d'automne.

La différence de temps entre l'apparition des premières pustules d'Uredo dans les Blés d'automne et de printemps s'est ainsi montrée telle que l'indique le tableau suivant :

En 1891.....	2 mois;
— 1892.....	2 mois et 4 jours;
— 1893.....	2 mois et 8 jours.

En outre, la propagation de la maladie dans le champ d'essais est devenue plus considérable :

En 1891, dans le Blé de printemps, 18 jours plus tard que dans le Blé d'automne ;
En 1892, dans le Blé de printemps, 34 jours plus tard que dans le Blé d'automne ;
En 1893, dans le Blé de printemps, 12 jours plus tard que dans le Blé d'automne.

Ici il faudra surtout remarquer qu'au sujet des périodes des ravages, la différence a été beaucoup plus grande en 1892, année très rouillée, qu'en 1891 et en 1893, années presque point du tout rouillées. En partant de l'opinion généralement répandue qu'en été la maladie se propage surtout au moyen de spores d'été qui, portées et dispersées par le vent, vont constituer chacune un nouveau centre de maladie, on pouvait bien en 1892 — année où il y avait sur le Blé d'automne de telles spores en très grande abondance — s'attendre à trouver de bien bonne heure des traces de maladie dans le Blé de printemps, qui n'était éloigné de l'autre sorte que par un espace de quelques dizaines de mètres. En tout cas, cela aurait dû arriver plus vite en 1892 qu'en 1891 et en 1893, puisque pendant ces dernières années les matières contagieuses étaient bien moins abondantes. Les observations dont nous avons parlé dans ce qui précède montrent pourtant qu'en réalité les choses se sont présentées d'une manière toute contraire.

Peut-être voudrait-on, pour expliquer la grande différence de temps entre l'apparition de la rouille jaune sur les Blés d'automne et de printemps, émettre la supposition que le champignon qui envahit le Blé de printemps ne serait pas parfaitement identique à celui qui infeste le Blé d'automne. Pour apprendre s'il y a du vrai dans une telle supposition, nous avons organisé, pendant l'été 1899, une série d'essais d'inoculation avec la forme de rouille jaune qui attaque le Blé d'automne. La matière contagieuse résultait de Blé de Horsford. Pour commencer, on l'a mise, le 19 juillet, sur de la glace qui peu à peu s'est fondue, après quoi on l'y a laissée pour germer. Le lendemain, le 20 juillet, en examinant de bien bonne heure cette matière contagieuse, on a remarqué que presque toutes les spores avaient germé. Ensuite nous avons donc, au moyen de ces spores, exécuté des inoculations, en partie sur trois pieds, élevés en pots à fleurs, d'une sorte de Blé d'automne, appelée le Graf Walderdorff'scher regenerierter (semé le 7 juillet), 23 lieux d'inoculation, en partie sur trois pieds semblables de Blé de Horsford

(semé le 7 juillet), 25 lieux d'inoculation, et enfin sur trois pieds d'une sorte de Blé de printemps, d'Emma (semé le 7 juillet), 20 lieux d'inoculation. Il est curieux de remarquer que sur aucune des plantes infestées on n'a vu paraître de traces de maladie ; au contraire elles sont toutes restées entièrement indemnes, même aussi tard que le 17 août, c'est-à-dire au bout de vingt-huit jours.

On ne peut chercher la cause d'une telle absence absolue de rouille sur toutes les trois sortes de Blé dans une germination trop faible des spores, car celles-ci montraient, au contraire, une vitalité toute remarquable. Il est encore impossible d'imputer aux plantes choisies des qualités quelconques, défavorables à une inoculation heureuse, puisqu'elles se trouvaient dans la phase de développement même qui, grâce à des expériences nombreuses, est connue comme la meilleure à ce but. Enfin on ne peut non plus — à ce que nous savons — en attribuer la cause à un manque de surveillance, commis par nous pendant l'exécution des inoculations. Au contraire, le résultat de ces recherches ne doit être regardé que comme la confirmation d'une circonstance caractérisant tout essai d'inoculation, fait avec cette forme d'Uredo. C'est que les résultats positifs qu'on obtient à la suite d'inoculations exécutées avec cette rouille, deviennent très peu nombreux en comparaison avec ceux que donnent des essais faits avec d'autres formes d'Uredo, par exemple les *Uredo graminis*, *U. dispersa*, *U. coronifera*, etc. Le tableau IX, ci-contre, qui est une combinaison des essais d'inoculations, exécutés jusqu'ici avec l'*Uredo glumarum*, servira à élucider cette question.

Par ce tableau, nous voyons ainsi que les essais d'inoculation ont donné :

	Nombre des numéros d'essais.	Nombre des résultats. +	Nombre des résultats. —	Résultats positifs p. 100.
Sur le Blé de Squarehead (peu disposé).	6	21	133	13,6
— d'Horsford (très disposé).....	2	8	47	14,5
— de Michigan Bronce (id.).....	4	63	30	67,7

On voit donc que les résultats positifs n'ont été que très peu nombreux pour le Blé de Squarehead, peu disposé à la maladie, aussi bien que pour le Blé de Horsford, très bien disposé à la rouille. En général, c'est de cette dernière sorte que la matière contagieuse a été prise.

Sous de telles conditions, nous ne devons pas être bien surpris, en obtenant, du commencement jusqu'à la fin, des résultats négatifs, à la suite de ces essais d'inoculation, exécutés en 1899 avec de la matière contagieuse, résultant de Blé d'automne et communiquée à

TABL. IX. — **Essais d'inoculation avec l'Uredo glumarum, exécutés sur du Blé d'automne de différentes variétés en 1896 et en 1897.**

INOCULATIONS.		MATIÈRES CONTAGIEUSES.				PLANTES INOCULÉES.			RÉSULTATS.								
			FACULTÉ GERMINATIVE							NOMBRE DES TACHES DE PUSTULES APRÈS JOURS.							
NUMÉROS.	JOURS.	ORIGINE.	Des grés.	Après heures.	APRÈS REFROIDISSEMENT.	ESPÈCES.	NOMBRE.	NOMBRE DES LIEUX D'INOCULATION.	+ . —	10	12	13	16	17	20	22	25
1	24 juin 1896.	Blé de Horsford.	3	6	Sur la glace fondante.	Blé de Squarehead.	3	25	+	10	.	.	.	.	.	10[1]	
2	—	—	—	—		— de Horsford.	3	22	+	7	.	8	.	.	.	8[2]	
3	24 juillet 1896.	Blé de Michigan Bronce[3].	4	8	En congélateur (4 h.).	Blé de Squarehead.	3	30	+	.	0	.	.	.	.	2	
4	—	—	—	—		— de Horsford.	3	33	—								
5	19 juin 1897.	Blé de Horsford.	3	16	En congélateur (1 h. 1/2).	Blé de Squarehead.	3	22	—								
6	—	—	—	—		— de Michigan Bronce.	3	15	+	.	.	.	.	.	4	.	4
7	1er juillet 1897.	Blé de Horsford.	2	27	Sur la glace fondante.	Blé de Squarehead.	3	30	+	.	.	.	.	.	.	.	1
8	—	—	—	—		— de Michigan Bronce.	3	32	+	.	.	.	19	.	.	.	21
9	7 juillet 1897.	Blé de Horsford.	3	20	En congélateur (7 h.).	Blé de Squarehead.	3	26	+	.	.	.	.	.	8[4]		
10	—	—	—	—		— de Michigan Bronce.	3	24	+	20	.	.	.	.	20		
11	7 juillet 1897.	Blé de Horsford.	2	18	Sur la glace fondante.	Blé de Squarehead.	3	21	—								
12	—	—	—	—		— de Michigan Bronce.	2	22	+	.	.	.	.	.	18		

[1] En même temps qu'apparut l'*Uredo glumarum*, l'*U. triticina* se montra aussi sur 15 lieux d'inoculation, et sur 6 de ces lieux on les vit tous les deux ensemble. Il paraît ainsi que la matière contagieuse a été un mélange de spores de ces deux formes. — [2] Dans 14 lieux d'inoculation il y eut des pustules de l'*U. triticina*, et sur deux d'entre eux on vit aussi l'*U. glumarum*. Même ici la matière contagieuse a été ainsi mêlée. — [3] La matière contagieuse fut prise sur la face intérieure d'une gaine; cette fois probablement sans être mêlée. — [4] Il est curieux que seulement l'une des trois plantes ait été attaquée.

des Blés d'automne et de printemps. Pour ce qui est de l'identité entre les formes de la rouille jaune qui apparaissent sur les deux sortes de Blé, c'est là une question qui devient en même temps plus difficile à résoudre, et c'était surtout cette dernière chose que les essais dont nous venons de parler avaient pour but d'élucider.

Mais en même temps, il devient de plus en plus évident qu'il faut chercher l'origine de l'apparition de la rouille jaune sur le Blé de printemps pendant l'arrière-saison et sur le Blé d'automne, quelques mois plus tôt, dans un germe de maladie caché dans l'intérieur de la plante elle-même et parvenant à sa maturité aussitôt que la plante hospitalière a atteint un certain degré de développement.

Il est évident que, pour le Blé d'automne, trois hypothèses peuvent être faites sur l'origine de ce germe de maladie :

Ou bien, il provient d'uredospores qui, résultant de pailles de Blé voisines, attaquées par la rouille jaune, ont contaminé les plantules l'automne précédent.

Ou bien, il faut supposer une invasion de sporidies, ayant lieu dans les plantes en question à l'aide de téleutospores germant en même temps que les grains.

Ou bien enfin, l'origine de la maladie est dans un germe vivant dans le grain lui-même et hérité de la plante-mère.

Il n'y a aucune autre alternative puisque, à coup sûr, cette espèce de champignon n'est point hétéroïque. Ainsi on n'a pas le moindre sujet de soupçonner une contagion d'aecidies comme la source de la maladie.

Contre la supposition d'une contagion d'Uredo comme la source de la maladie, nous pouvons pourtant, par-dessus tout ce qui, en pareil cas, a été produit au sujet de rouille noire, alléguer l'indisposition de se propager au moyen d'uredospores, qui caractérise cette espèce de champignon. Le fait que la plupart des feuilles qui, au commencement de l'hiver, sont rouillées, ne vivent plus au printemps qui suit (Eriksson et Henning, I, 157), ne peut qu'amener la supposition que si une contagion d'Uredo, ayant lieu pendant l'automne, était vraiment la cause de la maladie, celle-ci ne devrait pas se contenter d'infester la ou les feuilles qui, dès l'automne précédent, avaient montré des traces de maladie. Au contraire, elle devait, pour ainsi dire, pénétrer la plante tout entière. Cependant une telle supposition ne s'accorde pas très bien avec le court temps d'incubation ni avec la propagation peu considérable qui semblent caractériser toute inoculation d'Uredo.

Beaucoup mieux, le temps d'incubation bien considérable et la propagation rapide de la maladie en été s'accordent avec une con-

tamination pendant l'arrière-saison, au moyen de sporidies, résultant de téleutospores germantes. Mais même ici nous surviennent essentiellement les mêmes difficultés qui, en pareil cas, se sont présentées au sujet de la rouille noire, si ce n'est pas qu'elles sont ici encore plus grandes. Nous savons que les téleutospores de la rouille noire ne germent qu'au printemps qui suit leur formation, après quoi elles peuvent contaminer du Blé d'automne qui a passé tout un hiver aussi bien que du Blé de printemps qui ne fait que commencer à s'élever au-dessus du sol. Pour ce qui concerne les téleutospores de la rouille jaune, les choses se présentent d'une tout autre manière. Celles-ci germent dès l'automne et peuvent ainsi très bien infester le Blé d'automne, mais à peine le Blé de printemps. L'envahissement de cette dernière sorte de Blé par une contagion de sporidies suppose ou bien que quelques téleutospores de la forme du Blé d'automne passent l'hiver sans germer et ne se développent qu'au printemps, ou bien que les téleutospores de la forme du Blé de printemps ne suivent pas la même règle que celles de la forme du Blé d'automne, mais qu'elles ne germent en général qu'au printemps, chose que nous ne savons pas encore avec certitude, mais qui nous semble très probable.

A la fin, il ne nous reste ainsi d'autre ressource que de chercher l'origine de la maladie dans la semence elle-même. Pour cette supposition, nous pouvons, par-dessus tout ce qui, en pareil cas, a été allégué au sujet de la rouille noire, produire encore force observations dont nous allons parler dans ce qui suit.

c. *Propagation et distribution de la maladie en été sur les différentes parties d'un pied de Blé.* — Les recherches détaillées, exécutées pendant les années 1892 et 1893, dans le but d'apprendre à connaître le développement de cette espèce de champignon sur les parties diverses d'un pied de Blé, viennent à l'appui de l'opinion qui dit que la source principale de la première apparition de la maladie et de sa propagation est à chercher dans l'intérieur de la plante elle-même, et non pas dans une intervention de matières contagieuses du dehors, ayant lieu peu de temps avant l'apparition de la maladie. Les recherches en question (Eriksson et Henning, I, 185, etc.) ont montré que la propagation de la maladie dans un pied de Blé — même si elle est inégalement rapide et vigoureuse en différentes années (« années rouillées » et « années non-rouillées ») — se produit toujours de bas en haut, en suivant ainsi les parties diverses de la plante d'après leur âge respectif. Ensuite ces essais nous ont fait voir qu'on peut distinguer dans le développement de la maladie sur les feuilles, surtout sur celles qui

sont les premières attaquées — ainsi pendant la première période des ravages — deux phases différentes, l'une primaire, l'autre secondaire. Dans la phase *primaire*, les taches de pustules se montrent comme des rayons isolés, qui, souvent bien éloignés les uns des autres, continuent à s'allonger dans la direction longitudinale de la feuille, surtout vers la base, laquelle est la partie la plus jeune du limbe. Pendant cette phase primaire de la maladie, d'une durée de dix jours environ, on ne voit pas paraître de nouvelles pustules isolées qui pourraient nous faire soupçonner une intervention de nouvelles matières contagieuses du dehors. Toute nouvelle formation de pustules doit au contraire être considérée comme une ramification du même tissu mycélien qui a donné naissance aux premiers groupes de pustules. Ce n'est que pendant la phase *secondaire* de la maladie qu'apparaissent de nouvelles pustules ou de nouvelles taches de pustules éparses et indépendantes dont l'origine pourrait être à chercher dans l'intervention de spores des premiers groupes de pustules. La surface de la feuille devient alors de plus en plus, à la fin même, sous des conditions bien favorables, entièrement occupée par des pustules rangées en file et côte à côte. Ensuite le limbe s'enroule en arrière comme un rouleau de papier et la pointe de la feuille est alors tournée vers le sol. A ce moment même la feuille meurt.

Ensuite les recherches en question ont démontré que ce n'est que pendant des années bien favorables au développement de la rouille jaune que la maladie atteint sur l'épi (axe, glumelles, grains) un développement notable et qu'elle produit des pertes sensibles. Cette absence de rouille sur les épis en années « non rouillées » ne peut guère être due à un manque d'uredospores au voisinage, puisqu'il y en a toujours, même plus qu'il n'en faut pour contaminer les épis.

Contre la supposition que la maladie aurait été introduite dans les épis au moyen d'uredospores germantes, parlent en outre les expériences que nous avons gagnées par les essais exécutés pendant les années de 1890 à 1892 (Eriksson et Henning, I, 313). Ces essais, qui n'ont point donné de résultats, ont été faits dans le but de chercher à combiner les ravages inégaux de la rouille en différentes années avec les conditions météorologiques qui, plus ou moins favorables à la germination des uredospores, ont régné pendant la fleuraison des épis, époque à regarder comme la plus dangereuse.

Puisqu'il en est ainsi et qu'on n'a remarqué chez les spores aucune faculté germinative inégale en « années rouillées » et « non rouillées », il ne nous reste d'autre ressource que de supposer

l'existence d'un germe intérieur de maladie — quelles que soient les qualités morphologiques de ce germe — inégalement influée pendant les années différentes, par les conditions extérieures, en première ligne, par la chaleur et l'humidité. Tantôt ces conditions extérieures donnent à ce germe de maladie une force d'évolution toute particulière, c'est-à-dire un pouvoir de se développer en très grande abondance dans la plante tout entière, — c'est là ce qu'on appelle une « année rouillée ». Tantôt les conditions extérieures ne favorisent point la maturation de ce germe de maladie; la rouille se restreint alors aux pailles et aux feuilles, et les épis restent — à en juger sur l'apparence du moins — indemnes et bien nourris. Cette fois-ci nous avons une « année non rouillée ».

d. *Germination capricieuse des uredospores.* — Il y a une chose qui nous engage à ne pas juger trop précipitamment, quand nous voulons expliquer l'apparition et la propagation de la rouille jaune par l'intervention d'uredospores, et c'est là la germination souvent difficile et capricieuse des uredospores de cette forme de rouille. Des premières recherches mêmes, exécutées au champ d'expériences, il résulte qu'il en est ainsi. A la même époque de l'année, un échantillon de spores germait très bien et un autre très mal, et cela indépendamment de ce que les pustules, d'où résultaient les spores, étaient vieilles ou jeunes et que la récolte des spores avait eu lieu immédiatement après une pluie, ou bien après quelques jours de grand soleil.

Il est vrai qu'on a remarqué qu'un refroidissement artificiel des spores pendant quelques heures jusqu'au zéro ou au-dessous de ce degré favorise leur germination (Eriksson et Henning, I, 179, etc.; Eriksson, II, 561, etc.). Puisqu'il en est ainsi, on pourrait faire entrer en ligne de compte, comme une circonstance favorisant le développement et la propagation de la maladie, l'alternance de nuits froides et de jours chauds qui se produit souvent au cœur de l'été. Cependant on ne peut considérer les expériences sur lesquelles est fondée cette théorie comme des preuves toutes satisfaisantes. C'est que les essais ont presque toujours été exécutés dans le laboratoire, et il est à présumer que dans la nature la germination pourrait se produire d'une manière plus régulière qu'il n'en est le cas dans l'intérieur d'un laboratoire.

Afin d'apprendre au juste ce qu'il en est, nous avons fait, pendant l'été 1894, des observations scrupuleuses sur des pailles de Blé d'automne, croissant en liberté. Ces pailles étaient d'une sorte très disposée à la rouille jaune, c'est-à-dire le Blé de Horsford. Les observations commencèrent le 8 juin et continuèrent jusqu'au 18 du

même mois, d'abord tous les jours (8 juin, 9 juin, 10 juin, 11 juin), ensuite tous les deux ou trois jours (13 juin, 15 juin, 18 juin). En ce moment, la rouille jaune était dans toute la fleur de son développement. Dès le 1er juin, on la voyait dans le champ d'essais sur 16 parcelles de Blé d'automne parmi 84 (19 p. 100), et le 13 du même mois elle avait infesté 34 parcelles (40 p. 100) dont 16 furent même gravement atteintes par la maladie (degré 2 à 3). Les recherches se firent de la manière suivante. Tous les matins, entre cinq et sept heures, nous avons choisi dans la parcelle gravement attaquée cinq pailles très rouillées, les avons amenées dans le laboratoire pour immédiatement les examiner au microscope, relativement à la germination des spores qui, en très grande abondance, se trouvaient sur elles. Ensuite les limbes, coupés avec beaucoup de précaution, ont été portés, l'un après l'autre, tout doucement au-dessous du microscope à grossissement tout faible.

Avant d'énoncer les résultats de ces recherches, nous voulons exposer d'avance un tableau qui servira à donner un aperçu des conditions météorologiques régnant pendant les jours où les recherches se faisaient.

Tabl. X. — **Conditions météorologiques au Champ d'Expériences** (6-18 juin 1894).

Jours.	Température		Quantité totale d'eau tombée (à 8 h. du matin).
	Minima (à 8 h. du matin).	Maxima (à 9 h. du soir).	
	Degrés cent.	Degrés cent.	mm.
6 juin	+ 5,0	+ 9,5	0
7 —	+ 5,5	+ 14,0	0
8 —	+ 6,0	+ 15,0	12,3
9 —	+ 6,5	+ 11,6	4,4
10 —	+ 6,5	+ 11,0	8,1
11 —	+ 6,5	+ 10,5	6,6
12 —	+ 7,0	+ 15,5	1,4
13 —	+ 9,0	+ 18,0	0
14 —	+ 9,0	+ 22,5	0
15 —	+ 7,5	+ 20,5	0
16 —	+ 10,5	+ 19,0	0,3
17 —	+ 12,0	+ 22,0	0,5
18 —	+ 11,0	+ 23,0	

Par le tableau XI, exposé ci-dessous, on voit l'état de la germination pendant quatre jours de suite très pluvieux. Ce fut là la première période des observations, 8-11 juin.

TABL. XI. — **Germination de l'Uredo glumarum sur du Blé poussant en liberté, observée pendant quatre jours de suite très pluvieux, du 8 au 11 juin 1894. Chaque jour, cinq pailles examinées.**

Numéros des pailles.	Numéros des feuilles (comptées d'en bas).	Le 8 juin, à 7 h. du matin. Pailles humides au moment où elles ont été recueillies; examinées immédiatement.		Le 9 juin, à 7 h. du matin. Pailles humides au moment où elles ont été recueillies; examinées immédiatement.		Le 10 juin, à 12 h. 30 de l'apr.-midi. Pailles humides lorsqu'on les a recueillies à 11 h. 30 du matin; puis conservées dans le laboratoire pendant 1 h.		Le 11 juin, à 1 h. de l'apr.-midi. Pailles humides au moment où elles ont été recueillies; examinées immédiatement.	
		FEUILLE.	Faculté germinat. des spores.	FEUILLE.	Faculté germinat. des spores.	FEUILLE.	Faculté germinat. des spores.	FEUILLE.	Faculté germinat. des spores.
I	1	A moit. fanée.	0	A moit. fanée.	1	Jaunissante.	2	Verte.	1
	2	Jaunissante.	0	— jauniss.	1	Verte (prim.).	0	— (prim.).	0
	3	Verte (ph. prim. de la maladie).	0	Verte (prim.).	1	.	.	—	0
	4		0	—	0				
II	1	Jaunissante.	0	A moit. fanée.	1	Jaunissante.	0	Verte.	0
	2	Verte.	0	—	1	—	1	— (prim.).	0
	3	— (prim.).	0	Verte (prim.).	1	Verte (prim.).	1		
	4	.	.	.	.	—	0		
III	1	Verte.	0	A moit. fanée.	1	Morte.	1	Jaunissante.	0
	2	— (prim.).	0	Verte.	1	Jaunissante.	0	Verte (prim.).	1
	3	.	.	— (prim.).	1	Verte.	1	—	0
	4	.	.	.	.	— (prim.).	0		
IV	1	Jaunissante.	0	Morte.	1	Jaunissante.	2	A moit. fanée.	0
	2	Verte.	0	Jaunissante.	3	Verte (prim.)	1	—	0
	3	— (prim.).	0	Verte.	2	—	0	Verte (prim.).	0
	4	.	.	— (prim.).	1				
V	1	Morte.	0	Jaunissante.	1	Jaunissante.	0	A moit. fanée.	0
	2	Verte.	1	Verte.	1	Verte.	0	Verte (prim.).	0
	3	— (prim.).	0	— (prim.).	1	— (prim.).	0		
	4	.	.	.	.	—	0		

Pour quiconque veut voir, dans l'abondance des spores et de l'eau tombée, la principale sinon la seule source de la propagation de la maladie, il doit être assez curieux d'observer chez les spores une germination aussi difficile que le signalent les chiffres ci-dessus. Des 62 feuilles examinées, dont toutes portaient des spores en très grande abondance, quelques-unes se trouvant encore dans les pustules, les autres disséminées sur la surface intacte de la feuille, il n'y avait qu'une seule qui montrât un degré de germination plus considérable (degr. 3). Sur 3 feuilles, le pouvoir germinatif put être fixé au chiffre 2, mais dans la plupart des feuilles on eut beau chercher des spores germées; on n'en trouva pas une seule (36 feuilles). Sur quelques-unes, on vit cependant des traces de germination toutes faibles (22 feuilles). Néanmoins il avait plu beau-

coup pendant tout ce temps-là, de manière que les plantes étaient toujours mouillées et que le sol était à la fin si humide et mou qu'on avait de la difficulté à traverser le champ.

Mais de quoi dépend donc, se demande-t-on, cette germination difficile des spores? Étaient-elles peut-être mortes quoique ayant l'air turgescent et vigoureux, ou bien cette inondation d'eau, ayant lieu sans interruption pendant 4 jours de suite, en était-elle peut-être de trop? Le soleil et la chaleur seraient-ce là peut-être ce qu'il faudrait pour les faire entrer en germination?

Afin d'obtenir une réponse à cette dernière question, nous avons mis à germer dans le laboratoire, chacun de ces quatre jours, des spores recueillies de feuilles qu'on venait d'examiner. En agissant comme à l'ordinaire, nous les avons mises sur de l'eau dans de petites coupes de verre. Le résultat de ces essais de germination fut tel que le montre le tableau XII, ci-contre.

Par ce tableau, on trouve ainsi que même si le pouvoir germinatif ne peut être regardé comme très bon, il s'est pourtant montré meilleur qu'au moment où les feuilles furent recueillies dans le champ d'essais. Parmi 13 échantillons il y en avait un qui atteignait le degré 4, 3 qui parvenaient au degré 3, 25 au degré 2, 4 ne surpassaient pas le premier degré de germination même. Évidemment il serait ainsi absurde de considérer les spores comme mortes. Il est au contraire à présumer que la germination difficile est due à l'absence d'un certain agent extérieur, agent capable de favoriser la germination des spores.

En première ligne, on a alors à penser à la lumière et à la chaleur. Dans une certaine mesure, les observations qui eurent lieu la même année, le 13, le 15 et le 18 juin, sur des pailles, recueillies dans la même parcelle que celles qui avaient été observées du 8 au 11 juin, jettent de la lumière sur cette question. Par le tableau X, exposé dans ce qui précède, on peut voir les conditions météorologiques pendant ces jours-ci comme pendant les jours d'avant. Le 13 juin on a vu le soleil reparaître au ciel pour la première fois après cinq jours de temps sombre et humide. La température maximum avait été, le jour d'avant, de + 15°,5 et la température minimum, la nuit d'avant, de + 9°. Lorsque les pailles furent recueillies dans le champ cultivé, le soleil brillait depuis quelques heures, mais de petites gouttes d'eau, restes d'une petite pluie très fine, tombée dans la matinée, étaient encore sur les feuilles. Le jour suivant des observations, le 15 juin, était précédé par deux jours très beaux et clairs, pendant lesquels il n'était tombé aucune goutte de pluie ; la température avait été relativement haute, le jour aussi bien que la nuit.

TABL. XII. **Germination de l'Uredo glumarum sur du Blé. — Essais exécutés dans le laboratoire au moyen de spores recueillies du 8 au 11 juin 1894.**

NUMÉROS DES ESSAIS.	FACULTÉ GERMINATIVE DE SPORES RÉSULTANT DE FEUILLES RÉCOLTÉES.																													
	8 JUIN.								9 JUIN. (Sur la plante 4 du tabl. XI.)								10 JUIN. (Sur la plante 2 du tabl. XI.)								11 JUIN. (Sur la plante 4 du tabl. XI.)					
	Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.	
	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.
I	1	1-1	2	3-4	3	4-1	3	5-4	1	1-3	1	2-2	3	3-	3	4-2	0	-6	2	-23	2	1-21	2	4-7	0	1-2	1	3-22	1	4-20
II	1	—	1	—	2	—	2	—	1	—	1	—	2	—	3	—	0	—	1	—	1	—	2	—	0	—	1	—	1	—
III	1	—	1	—	2	—	2	—	1	—	3	—	4	-	4		0		1	—	1	—	2	—	1	—	1	—	1	—
IV									1	—	1	—	1	—	1	—	0	—	1	—	1	—	1	—						

Le troisième jour des observations, le 18 juin, était précédé par deux jours très chauds à ciel généralement chargé de nuages. Pendant ces jours, il était tombé un peu de pluie.

Les résultats obtenus à la suite de ces observations se voient par le tableau XIII, ci-dessous:

TABL. XIII. — **Germination de l'Uredo glumarum sur du Blé poussant en liberté. Observations faites les 13, 15 et 18 juin 1894. Chacun de ces jours-ci, cinq pailles examinées.**

Numéros des pailles.	Numéros des feuilles (comptées d'en bas).	Le 13 juin, à 11 heures du matin. Pailles humides au moment où elles ont été recueillies; examinées immédiatement.		Le 15 juin, à 6 heures du matin. Feuilles humides par de la rosée au moment où elles ont été recueillies; examinées immédiatement.		Le 18 juin, à 11 heures du matin. Feuilles sèches au moment où elles ont été recueillies; examinées immédiatement. (A 5 h. du matin de la rosée abondante.)	
		FEUILLE.	Faculté germinative.	FEUILLE.	Faculté germinative.	FEUILLE.	Faculté germinative.
I	1	Jaunissante.	1	Morte.	0	A moitié fanée.	0
	2	—	0	A moitié fanée.	0	Jaunissante.	0
	3	Verte (phase primaire de la maladie).	0	Jaunissante.	0	Verte (prim.).	0
	4			Verte (prim.).	0		
II	1	Jaunissante.	0	Jaunissante.	0	Morte.	0
	2	—	0	Verte.	0	A moitié fanée.	1
	3	Verte (prim.)	0	— (prim.).	0	Verte.	0
	4	— —	0	— —	0	—	1
III	1	Presque morte.	0	Morte.	0	Mourante.	1
	2	Jaunissante.	0	Jaunissante.	0	Verte.	0
	3	Verte (prim.).	0	—	0	—	0
	4	— —	0	Verte (prim.).	0		
IV	1	Jaunissante.	1	A moitié fanée.	0	Jaunissante.	1
	2	—	0	Jaunissante.	0	Verte.	1
	3	Verte (prim.).	0	—	0	—	0
	4			Verte (prim.).	0		
V	1	Jaunissante.	0	Morte.	1	Morte.	0
	2	Verte	1	Jaunissante.	0	Verte.	0
	3	— (prim.).	0	—	0	—	0
	4			Verte (prim.).	1		
	5			—	0		

Les chiffres que nous venons d'exposer ne peuvent guère donner d'appui à la supposition que l'absence de lumière et de chaleur aurait causé cette germination difficile pendant la première période des essais. C'est qu'en ce cas le pouvoir germinatif s'est montré encore plus faible. Il n'y a que 10 feuilles sur lesquelles on ait pu observer des spores ayant germé; sur les autres feuilles, au nombre de 45, on n'en a pas vu de traces. En exécutant des recherches dans le laboratoire, la faculté germinative ne s'est pourtant pas montrée

tout à fait éteinte, comme on peut le voir par le tableau XIV, ci-dessous :

TABL. XIV. — **Faculté germinative de l'Uredo glumarum sur du Blé. — Essais exécutés dans le laboratoire au moyen de spores recueillies les 13 et 18 juin 1894.**

NUMÉROS des feuilles (comptées d'en bas).	FACULTÉ GERMINATIVE DE SPORES RÉSULTANT DE FEUILLES RECUEILLIES.									
	13 JUIN.				18 JUIN.					
	Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.		Faculté germinative.	
	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.	Degrés.	Après Jours. Heures.
1	2	-21	3	2-1	0	-4	2	2-4	3	3-4
2	1	—	3	—	0	—	2	—	3	—
3	0	—	3	—	0	—	3	—	3	—
4	1	—	1	—						

Des feuilles examinées le 15 juin nous avions pris des spores et les avions mis à germer, mais par hasard cette recherche n'a pas été poursuivie.

Comme plus haut, pendant la période pluvieuse, nous trouvons même en ce cas que la faculté germinative des spores se montre incomparablement plus grande quand il s'agit de spores conservées durant quelque temps dans le laboratoire que lorsqu'il est question de spores se trouvant en liberté. C'est là une chose bien curieuse, car la destination des spores doit donc être d'assurer la propagation et l'existence de l'espèce, et les circonstances qui se produisent dans la nature sont toujours à considérer comme des modèles pour les recherches artificielles.

Ce qui n'est pas le moins curieux, c'est que le dernier jour des observations, le 18 juin, le pouvoir germinatif a été très faible (tabl. XIII). La nuit d'avant il était tombé de la rosée bien abondante, après quoi il y avait eu du soleil pendant quelques heures. Lorsqu'on recueillait les pailles, elles étaient ainsi déjà toutes sèches. Mais en dépit de tout cela, on ne pouvait guère trouver de spores qui eussent germé. Ce résultat est encore très remarquable, si on le met en combinaison avec une observation, faite en 1897, le 18 juin, ainsi jour pour jour trois ans plus tard, au sujet de la même espèce de spores sur la même sorte de Blé. Tout de suite après une averse, on avait alors, à 2 h. 30 de l'après-midi, pendant que les gouttes

d'eau étaient encore sur les feuilles, mis des spores, prises de ces feuilles-ci, dans un verre, rempli d'eau. Ensuite ce verre avait été placé dans un congélateur, où on l'avait laissé durant trois heures, exposé à une température changeant entre — 9°,5 et — 13°. Ensuite nous avions sorti le verre du congélateur pour observer les spores jour après jour. Au bout de trois jours et vingt et une heures, cette matière contagieuse n'avait pourtant montré aucune trace de germination. Ce jour même, c'est-à-dire le 18 juin, nous avions fait un essai parallèle, une heure et demie plus tard, lorsque les feuilles et les spores que portaient celles-ci étaient déjà devenues toutes sèches. Un nouveau verre avait été mis dans le congélateur à côté du premier et y avait été laissé pendant une heure et demie. Les spores de ce dernier échantillon avaient montré, dès le matin suivant, c'est-à-dire seulement quatorze heures après être ôtées du congélateur, une germination assez commune.

On pourrait être disposé à tirer de là la conclusion que si d'avance les spores ont été immergées dans de l'eau, elles ne pourront pas endurer immédiatement un changement de température aussi grand que celui que nous rencontrons à cette occasion. Il faudrait, au contraire, qu'elles fussent devenues un peu sèches. Par conséquent, on pourrait penser qu'une chute de rosée bien abondante, suivie par quelques heures de grand soleil, aurait pu, le 18 juin 1894, éveiller la faculté germinative des spores. Mais non. La plupart des spores ne montraient pas à cette occasion une germination plus vigoureuse qu'elles ne le faisaient lorsque le ciel avait été toujours nuageux et les feuilles tout le temps couvertes de gouttes de pluie. La germination capricieuse de ces spores nous reste ainsi toujours incompréhensible, et il faudra certainement, pour en trouver l'explication, arranger des recherches plus méthodiques que celles qui ont été entamées jusqu'ici. Le seul fait que nous puissions constater avec certitude c'est que le pouvoir germinatif, vu en grand, n'est que très faible ou au moins capricieux et que les spores ne suffisent pas pour expliquer la propagation et l'intensité des ravages de la maladie.

Quoique, dans le champ d'essais, les foyers de maladie fussent si nombreux et que les spores s'y trouvassent toujours en très grande abondance, nous avons néanmoins constaté pendant les semaines de l'été 1894, dont il est ici question, une propagation de la maladie peu considérable, et c'est là une circonstance qui déjà, à un examen assez superficiel du champ, s'est manifesté d'une manière toute frappante. Dans le champ cultivé, on trouvait 17 parcelles gravement rouillées (degrés 3 à 4), sinon déjà le 13 juin, du moins le 22

de ce mois. Quelquefois, le sol même avait pris, grâce aux spores nombreuses tombées à terre, une couleur toute jaune. Dans ces parcelles-ci, le champignon semblait avoir gagné, après la pluie abondante, un développement tout vigoureux, mais dans la plupart des autres parcelles, la rouille n'avait en général ni le 22 juin, ni le 7 juillet, ni même aussi tard que le 6 août, surpassé les deux premiers degrés d'intensité.

Dans les parcelles grièvement infestées, l'intensité de la maladie fut toute singulière. Le 1er juin par exemple, la rouille n'avait pas encore atteint le premier degré de développement, mais trois semaines plus tard, le 22 juin, elle y était parvenue au maximum d'extension. Mais à peine pourrait-on, dans des conditions météorologiques favorisant la germination des spores et créant par suite de nouveaux centres de maladie, chercher l'explication de cette invasion intense de la rouille. Car s'il en était ainsi, les choses auraient dû se produire de même dans les parcelles voisines, puisque plusieurs d'entre elles portaient des sortes de Blé, qui, d'autres années, ne s'étaient point montrées indisposées à cette forme de rouille. La propagation rapide de la maladie en certaines parcelles, mais peu considérable en d'autres, est certainement à attribuer à une autre circonstance. Selon mon opinion, il est ainsi beaucoup plus probable que les Blés les plus grièvement envahis (en général en même temps très précoces) ont été exposés, juste à propos, à certaines conditions météorologiques, sous l'influence desquelles le germe intérieur de maladie s'est développé à un mycélium, poussant vigoureusement et produisant des spores en bien grande abondance. A l'égard des parcelles moins gravement infestées, les mêmes conditions extérieures ne sont pas arrivées pendant un moment aussi favorable.

Pendant des années où la rouille jaune produit des ravages bien graves, la maladie ne se contente pas, comme nous le savons bien, d'infester les pailles et les feuilles, mais envahit les épis mêmes et les grains, de manière à rendre ceux-ci presque invendables. On s'est figuré que la maladie parvient aux épis au moyen de spores transportées par le vent ou autrement, c'est-à-dire de la même manière que la propagation est supposée se produire entre les pailles ou entre les feuilles. Le moment où pourrait se faire une telle propagation de matières contagieuses serait donc la fleuraison des épis, laquelle a lieu quelques semaines après que les pieds ont commencé à monter en épis. Or, dans ce qui précède, j'ai rappelé le fait que nous n'avons point obtenu de résultats en faisant pendant les années de 1890 à 1892, des efforts de combiner les ravages de la

rouille, si inégaux en différentes années, avec les conditions météorologiques ayant lieu pendant la fleuraison des épis (Eriksson et Henning, I, 313). Ainsi, il n'est guère admissible que le champignon soit entré, à l'époque de la fleuraison même, dans les épis au moyen d'uredospores contagieuses.

Mais cela ne peut-il donc pas avoir lieu encore plus tôt, c'est-à-dire pendant que l'épi est encore enveloppé par la gaine? Emmenées par l'eau, après une pluie ou une chute de rosée, les spores pourraient peut-être entrer dans les jeunes épis et ensuite les infester. La période pluvieuse dont nous avons parlé dans ce qui précède et laquelle tombait à peu près en même temps que l'épiation, c'est-à-dire dans la seconde semaine du mois de juin (1894), semble faite pour nous mettre en état de rechercher si, dans une telle supposition, il pouvait y avoir du vrai. Le 14 juin, nous avons recueilli dans une des parcelles de Blé les plus grièvement atteintes par la maladie, où, la veille, quelques épis isolés avaient commencé à paraître, 10 pailles dont les jeunes épis étaient encore enveloppés de gaines. Ensuite nous avons examiné au microscope, aussi minutieusement que possible, et la face inférieure de la gaine qui se trouvait le plus en haut et l'épi qu'enveloppait cette gaine. Les résultats de cette recherche comme d'un essai semblable exécuté la veille sur 10 pailles d'une sorte de Blé point attaquée de rouille jaune, se voient par le tableau XV, exposé ci-dessous :

Tabl. XV. — **Uredospores de la Rouille jaune sur la face inférieure de la gaine supérieure, pas encore ouverte, et sur la surface de l'épi que renferme cette gaine-ci.**

Numéros des pailles.	Le 14 juin 1894 sur du Blé de Horsford.		Le 15 juin 1894 sur du Blé de Trump.	
	Face intérieure de la gaine.	Face extérieure de l'épi.	Face intérieure de la gaine.	Face extérieure de l'épi.
1	Quelques unes.	Quelques-unes.	2	0
2	0	0	1	0
3	Quelques-unes.	0	2	0
4	Quelques-unes.	0	1	0
5	Quelques-unes.	0	Plusieurs.	0
6	0	0	0	0
7	Plusieurs.	0	Plusieurs.	0
8	Plusieurs.	0	0	0
9	Plusieurs.	0	0	0
10	Plusieurs.	0	0	0

Sur les épis on n'a jamais pu découvrir de pustules tout ou-

vertes (1), et une seule fois on y a trouvé quelques spores isolées. Sur la face intérieure de la gaine, au contraire, il y avait des spores en assez grande abondance, bien qu'elles fussent toujours détachées et n'eussent point germé. Les jours d'avant il avait plu beaucoup, et sans doute les spores qu'on trouvait sur les gaines avaient été emportées par l'eau à travers la petite gaine infundibulée qui, comme une continuation de la gaine proprement dite, se trouve à la base du limbe. Même sous des circonstances aussi favorables que celles qui se produisaient dans la parcelle de Blé de Horsford il n'est pas possible que ces spores si peu nombreuses eussent suffi à expliquer cette apparition bien égale de la maladie sur l'épi tout entier. Aussi n'avons-nous pas d'autre ressource que de supposer que, pour les épis, l'apparition de la rouille se produit de la même manière que pour les pailles et les feuilles, c'est-à-dire qu'elle provient d'un germe intérieur de maladie vivant dans les parties diverses de l'épi, articulations de l'axe principal, axe des épillets, glumelles et grains. Suivant les conditions météorologiques différentes qui se produisent pendant la période critique que constitue une certaine phase de développement de l'épi, ce germe intérieur parvient à une maturité très inégale, tantôt bien vigoureuse, tantôt toute faible. Il arrive même que la maturation ne se produit pas du tout.

e. *Apparition des premières pustules d'*Uredo *assez longtemps après que l'accroissement de la feuille s'est terminé.* — Dès le 13 juin jusqu'au 3 juillet, nous avons suivi, pendant l'été 1893, le développement des premières taches de pustules, et grâce à ces observations, dont les résultats sont communiqués autre part (Eriksson et Henning, I, 192), nous avons appris que dans toutes les feuilles qui portaient des taches de pustules l'accroissement en direction longitudinale s'était terminé depuis quelque temps.

Le 13 juin, 15 feuilles, se trouvant dans la phase primaire de la maladie et résultant de 14 pousses de Blé, furent examinées. De ces 15 feuilles, 2 portaient chacune 2 taches de pustules, tandis que sur les 13 autres il n'y en avait qu'une seule. La grandeur de ces taches de pustules variait entre 3 et 21 millimètres (en moyenne $13^{mm},6$) de longueur et entre 1 et 5 millimètres de largeur. Les feuilles en question se trouvaient ainsi dans la phase de maladie la plus jeune, les taches de pustules n'ayant été visibles qu'un à deux jours, quelques-unes ayant même apparu le jour même. Observées pour la seconde fois, c'est-à-dire le 18 juin, toutes les

(1) Pendant une phase plus avancée, la chose se présente d'une tout autre manière, c'est qu'alors les pustules ne sont point rares à la face inférieure de la gaine (Eriksson et Henning, I, 194).

15 feuilles avaient au juste la même longueur qu'au premier examen. Le troisième examen, qui eut lieu le 23 juin, faisait voir le même état des choses. Du reste, nous avons remarqué les mêmes faits au sujet des feuilles qui, à la seconde ou à la troisième observation, montraient pour la première fois des taches de pustules. Car, aux observations suivantes, nous avons pu constater que même dans celles-ci tout accroissement en direction longitudinale était terminé.

Ce qui vient d'être dit peut donc servir à expliquer le phénomène que les premières taches de pustules n'apparaissent jamais sur des feuilles très jeunes. Sur les 14 chaumes examinés le 13 juin, nous avons ainsi observé, au-dessus de la ou des feuilles malades :

4 feuilles saines	en	2 cas.
3	—	7
2	—	5

De même une observation faite le 18 mai 1894, sur 10 pailles de Blé, se trouvant dans la première phase de maladie — laquelle avait lieu beaucoup plus tôt que l'année précédente, — nous a permis de constater qu'au-dessus des feuilles malades il y avait :

4 feuilles saines	en	1 cas.
3	—	5
2	—	4

Ces faits devant les yeux, on ne peut s'empêcher de se demander comment donc cette apparition tardive des premières taches de pustules pourrait s'accorder avec la supposition d'une contamination extérieure au printemps et ensuite avec le moment où les feuilles et les parties de feuilles les premières infestées sont devenues découvertes et accessibles à une telle contamination. Pour commencer il serait bien difficile de dire d'où aurait pu venir une telle contagion. Des uredospores de l'automne dernier, il ne reste certainement aucune, et ensuite, pour ce qui concerne la possibilité d'une contamination de téleutospores, celle-ci n'est pas grande, puisqu'à coup sûr la plupart de ces spores, sinon toutes, ont terminé leur germination dès l'automne dernier. Du reste il est encore incertain qu'une contagion puisse vraiment se produire de cette dernière façon.

Mais il y a encore une chose qui parle contre une contamination extérieure au printemps, du moins contre une contamination au moyen d'uredospores, c'est-à-dire la localisation des premières taches de pustules. Pour apprendre l'âge des feuilles et des parties de feuilles les premières infestées au moment où apparaît la mala-

die, nous voulons nous servir de chiffres qui résultent d'expériences faites en 1893, au sujet de l'accroissement successif d'une paille de Blé. Selon ces expériences (Eriksson et Henning, I, tab. II, fig. 16) la feuille la première infestée doit avoir été découverte à une contagion extérieure supposé qu'elle fût

la 5e,	comptée	d'en haut :	le sommet	31 jours,	la base	19 jours.
4e	—	—	23	—	14	—
3e	—	—	17	—	9	—

Évidemment ces chiffres vont mal avec le temps d'incubation, de dix jours à peu près, qui s'est montré devoir succéder à une inoculation avec les uredospores de cette espèce de champignon. Que les feuilles ou les parties de feuilles qui se trouvent au-dessous des feuilles les premières infestées ne fussent pas, elles aussi, envahies par la maladie, c'est encore là une chose qui nous devient alors inexplicable.

Mais supposons que la source de la maladie est interne, et la chose va se présenter d'une tout autre manière. Le fait que les premières taches de pustules se rencontrent sur les parties de la plante dont l'accroissement s'est déjà terminé, porte à croire qu'il y a, dans la plante nourricière qui contient cette source interne de maladie, deux phases de développement bien séparées. La première de ces deux phases est caractérisée par un accroissement où toute la force vitale de la plante est consommée pour l'extension et la division des cellules. L'accroissement se continue jusqu'à ce que l'organe en question ait atteint un développement complet au point de vue de longueur, de largeur et d'épaisseur. Lorsqu'il s'agit d'une feuille de Blé cette période doit durer six à treize jours, et quand il est question d'une feuille d'Avoine, dix à quinze jours, — dans les feuilles inférieures le moins, dans les feuilles supérieures le plus de temps. Elle est suivie par une période de renouvellement interne, période qui est d'une haute importance pour le bien-être continué de la plante. De la recherche citée tout à l'heure, il suit que, dans le Blé, cette période change suivant la situation des pustules, à la base, au milieu ou au sommet du limbe :

		Base.	Milieu.	Sommet.
dans la 5e	feuille, comptée d'en haut :	7 jours,	13 jours,	19 jours.
— 4e	—	3 —	8 —	14 —
— 3e	—	1 —	5 —	9 —

Pendant cette période-ci, il va être décidé, si la plante doit rester indemne ou bien si le germe intérieur de maladie va parvenir à sa maturité et que, par conséquent, la plante deviendra malade. Cer-

tainement c'est là une chose qui dépend aussi, à un certain degré, de la disposition générale de l'organe après la période d'accroissement, si cette période a été propre à produire un organe fort et vigoureux ou bien un tel faible et languissant. Mais ce qui est surtout d'une haute importance, c'est sans doute l'état des conditions extérieures de chaleur, d'humidité et de lumière, qui se produisent pendant la période suivante, celle du renouvellement. S'il arrive que ces conditions favorisent la maturation du germe de maladie, la rouille apparaît d'une manière bien grave et destructive, — en ce cas nous aurons avant peu de temps un organe grièvement infesté et enfin une année de maladie abondante ou une « année rouillée », supposé que les mêmes conditions continuent à se produire durant plusieurs semaines. Mais si, au contraire, pendant cette même période, les conditions de chaleur, d'humidité et de lumière sont toutes contraires, c'est-à-dire défavorables à la maturation du germe intérieur de maladie, l'organe reste tout entier, ou au moins presque entier, indemne, et si encore les mêmes conditions extérieures continuent à se produire durant les périodes critiques de plusieurs feuilles suivantes et de l'épi même, nous aurons une année sans rouille (année non rouillée).

En ce cas nous n'avons pas à chercher en vain l'explication du fait curieux que, sur la même place, la rouille jaune fait une année des ravages sensibles au commencement de l'été, c'est-à-dire à la mi-juin, tandis qu'une autre année elle ne parvient pas à pouvoir ravager les champs à un degré considérable, et cela bien que toutes les années des pustules isolées apparaissent dès le mois de mai, sinon encore plus tôt, et que, par conséquent, la possibilité d'une contagion extérieure devienne toujours à peu près la même. Le fait qu'une attaque bien grave de la rouille se produit une année de très bonne heure, c'est là une chose qui est certainement due à ce que les conditions extérieures, qui se produisent pendant l'accroissement aussi bien que pendant la période de renouvellement, ont, d'une manière toute marquée, favorisé la maturation rapide et vigoureuse de ce germe de maladie encore sommeillant. Si, au contraire, la maladie ne se présente que tard ou qu'elle n'apparaisse jamais, les conditions extérieures ont été, pendant les périodes nommées, plus ou moins incapables de produire une maturation vigoureuse.

f. *Précocité et intensité inégales de la maladie dans les parties ensoleillées d'un champ et dans les parties ombragées du même champ.* — L'automne 1892, on avait ensemencé un petit champ rectangulaire avec du Blé d'automne d'une sorte très disposée à la rouille jaune, c'est-à-dire le Landreths Hard Winter-Wheat. Long

de 125 mètres, large de 20 mètres et situé dans la direction longitudinale du nord au sud, ce champ n'était séparé d'une colline boisée, se trouvant au sud, que par un fossé et un étroit sentier. Pendant les premiers jours du mois d'octobre, environ cinq semaines après l'ensemencement, nous avons remarqué que dans la partie supérieure et plus inondée de lumière que les autres, c'est-à-dire celle qui se trouvait le plus au nord, les pieds furent très grièvement envahis par la rouille jaune, tandis que dans la partie opposée du champ, plus basse et ombragée par la forêt voisine, les plantes ne furent point aussi rouillées. Le coin sud, où il n'y avait presque jamais de soleil, restait même presque entièrement indemne. Mais la différence entre les plantes ne s'en tenait pas là. Dans la partie ombragée, les pieds furent ainsi beaucoup plus longs et frêles que dans la partie ensoleillée, et, à mesure qu'on s'éloignait de la forêt ombreuse, les plantes faisaient voir un accroissement de plus en plus normal et vigoureux.

Cette même arrière-saison, des observations toutes semblables ont été faites dans un autre champ d'essais, situé au voisinage du champ dont nous venons de parler, mais plus petit que celui-ci. Ce nouveau terrain était, lui aussi, d'une forme rectangulaire ; sa longueur s'élevait à $22^{m},50$, sa largeur à $13^{m},50$ et sa direction longitudinale était du nord au sud. L'un des coins, c'est-à-dire celui qui était situé le plus au sud-est, était ombragé par la colline boisée, nommée dans ce qui précède. Le long des côtés longitudinaux, on avait semé en deux lignes, chacune large de $1^{m},50$ seulement, du Blé de Landreth. Aux deux autres côtés étaient situées 4 parcelles toutes petites ($3 \times 1^{m},50$), portant, elles aussi, des sortes de Blé très disposées à la rouille jaune (Blé de Landreth, de Horsford, de Michigan Bronce et de Banater). Le milieu du champ était occupé par 8 parcelles (3×3 mètres), ensemencées de huit sortes de Blé peu disposées à cette forme de rouille. Nous avons fait cette recherche dans le but d'apprendre à connaître la propagation de la rouille jaune entre des variétés très disposées et des variétés voisines peu disposées à la maladie.

L'ensemencement ayant eu lieu le 2 septembre, les plantes ont, en général, commencé à s'élever au-dessus du sol dès le 12 du même mois. Encore quatorze jours après cette date, le 26 septembre, il nous a été impossible de découvrir une seule tache de pustules dans aucune des parcelles. Ce n'est qu'après quatre à cinq jours encore, le 30 septembre et le 1er octobre, ainsi vingt-sept ou vingt-huit jours après l'ensemencement, que nous avons pu découvrir dans ce petit champ les premières traces de rouille.

Dès ce moment, les deux rangs de Blé de Landreth faisaient voir des différences bien marquées. On trouvait ainsi que sur le rang à l'ouest, plus ensoleillé et par conséquent plus sec que l'autre, la rouille était déjà parvenue au troisième degré d'intensité, pendant que, sur le rang à l'est, plus humide et moins exposé au soleil, elle n'avait pas encore atteint le premier degré de développement. En outre, les plantes furent, dans ce dernier cas, d'une plus belle venue. L'ensemencement ayant eu lieu sur tous les deux rangs le même jour et de même manière et la semence étant prise du même sac de Blé, cette inégalité ne peut être due qu'au sol et à la situation, en ce cas à l'humidité et à l'insolation inégales auxquelles avaient été exposés les deux rangs. La différence entre eux continuait pourtant à se manifester. Tandis que le rang à l'ouest fut très grièvement atteint par la maladie dès le 6 octobre (degré 4), on n'observa, dans le rang à l'est, ni le même jour, ni le jour suivant des observations, le 17 octobre, que très peu de traces de rouille (degré 2), et aussi tard que le 7 novembre, la maladie n'avait pas surpassé le troisième degré d'intensité même.

Une telle différence se fait aussi remarquer entre la parcelle de Blé de Michigan Bronce, d'un côté, qui, située au nord du champ, a été la plus ensoleillée et la plus sèche, et la parcelle de Blé de Horsford, de l'autre, située au sud du même champ, mais ombragée et très humide. C'est que cette première était bien gravement attaquée de rouille (degré 4) dès le 1er octobre, tandis que l'autre ne montra le même jour que de bien faibles traces de rouille (degré 1) et n'avait atteint, les 6 octobre, 17 octobre et 7 novembre, que le troisième degré d'intensité.

En partant de la supposition qu'une contagion extérieure au moyen d'uredospores serait la source de la maladie, on devait s'attendre à trouver, dans la partie humide et ombragée, une attaque plus grave que dans la partie sèche et ensoleillée, puisque l'humidité est une condition nécessaire à toute germination heureuse et qu'il faut supposer que les résultats des inoculations deviennent plus nombreux sur les feuilles frêles des pieds poussant à l'ombre que sur les feuilles plus grasses et vigoureuses des plantes croissant en plein soleil. Mais il en fut tout le contraire, et, par conséquent, il y a bien lieu de soupçonner qu'une intervention d'uredospores du dehors ne peut être la source de la maladie. Essentiellement, celle-ci serait, au contraire, à chercher dans un germe intérieur de maladie vivant dans la plante elle-même, et il faut supposer que, dans la partie ensoleillée du champ, les conditions extérieures ont été mieux faites pour favoriser la maturation de ce germe qu'il n'en a été le cas dans la partie ombragée du même champ.

g. *Différente prédisposition à la maladie de diverses sortes de Céréales, indépendamment d'agents mécaniques. Rapport entre cette prédisposition et la précocité des sortes.* — Comme on s'en souvient, il n'y avait pas à remarquer, au sujet de la rouille noire, une prédisposition à la maladie bien inégale dans les diverses sortes de la même Céréale. Mais lorsqu'il est question de la rouille jaune, la chose se présente d'une tout autre manière. Car les différentes sortes de Blé et d'Orge — ce sont ces Céréales qu'attaque surtout la rouille jaune — se montrent bien inégalement disposées à cette forme de maladie. Cette prédisposition différente consiste en une précocité et une intensité inégales de la maladie chez les diverses sortes. Autre part (Eriksson et Henning, I, 331, etc.) nous avons traité en détail cette différence entre les sortes et la manière de l'expliquer.

A l'étranger, surtout en Australie, on est toujours, quand il a été question de la disposition inégale à la rouille brune (*Puccinia triticina*) qu'on trouve chez les différentes sortes de Blé, parti sur la supposition que la source de la maladie serait à chercher dans une contagion extérieure, transmise par des spores d'espèce quelconque. En conformité, on a cru devoir chercher l'explication de la disposition inégale à la maladie, ou bien dans un développement inégalement rapide des différentes sortes, ou bien dans une faculté de résistance, différente chez les différentes sortes, comme, par exemple, un nombre inégal de stomates dans l'épiderme, une épaisseur inégale des parois des cellules de cet épiderme, un dépôt cireux plus ou moins épais, etc. Une cuticule bien épaisse, un très petit nombre de stomates et un revêtement cireux très épais, voilà ce qui appartiendrait aux sortes les moins disposées à la maladie. Les qualités que nous venons de signaler seraient ainsi à regarder comme des moyens de protection contre la maladie, et à mesure qu'une sorte était précoce, plus facilement elle pourrait échapper aux ravages de la maladie.

Or, les recherches faites au champ d'expériences, dans le cours des années, dans le but d'apprendre à connaître si l'une ou l'autre explication serait applicable à la rouille jaune, nous ont toujours donné des résultats négatifs. Il nous a été absolument impossible de trouver à ces points de vue une différence essentielle entre les sortes les plus disposées à la rouille jaune et les sortes les moins prédisposées à cette forme de maladie. L'épaisseur de la cuticule et le nombre des stomates ont été les mêmes, les dépôts cireux se sont montrés également abondants dans toutes les sortes qu'elles fussent disposées à la maladie ou non. A l'endroit, cité tout à l'heure (p. 358-363), nous

avons décrit cette chose d'une manière détaillée. Pour ce qui regarde le revêtement cireux en particulier, il faudra se rappeler ce qui a été dit plus haut au sujet d'une variété d'Orge sans dépôt cireux et néanmoins presque point attaquée par la rouille noire. Si le revêtement cireux n'a point d'importance pour une forme de maladie comme la rouille noire, dont les spores germent en général très facilement, combien plus petite ne doit pas être alors son importance comme moyen de protection contre la rouille jaune dont les spores germent souvent très capricieusement !

Quant à un rapport entre la précocité d'une sorte et sa prédisposition à la rouille jaune, les observations faites au champ d'expériences sont loin de confirmer les idées généralement répandues sur cette question. Suivant ces idées, les sortes précoces devaient échapper le mieux aux ravages de la maladie. Or, les expériences que nous avons faites nous ont fait voir qu'en ce cas, comme au sujet de la rouille noire, la précocité d'une sorte et sa disposition à la rouille vont de compagnie. Cela se remarque d'une manière évidente dans les Blés d'automne, car les sortes les plus gravement envahies par la rouille jaune, comme le Michigan Bronce, les Blés de Horsford et de Landreth, tiennent aussi le premier rang quand il s'agit de la précocité du développement et de la maturation.

Mais c'est peut-être dans les diverses sortes d'Orge que cette chose se montre encore plus frappante. Des sortes cultivées dans le cours des années au champ d'expériences, il n'y a eu aucune aussi disposée à la rouille jaune et en même temps aussi précoce que le Skinless (*Hordeum vulgare* var. *cornutum*), qui est d'origine australienne. Le tableau, ci-dessous, fera voir le temps qui, certaines années, s'est écoulé entre l'ensemencement et la première apparition de la maladie. Les premières pustules se montrèrent :

En 1894	dans 2	parcelles d'essais,	ensemencées le	23 avril,	au bout de	62	jours.
—	3	—	—	11 mai,	—	42	—
—	1	—	—	21 août,	—	30	—
— 1895	1	—	—	16 mai,	—	25	—
—	1	—	—	29 —	—	33	—
—	1	—	—	31 août,	—	35	—
— 1897	5	—	—	17 mai,	—	31	—
—	2	—	—	—	—	44	—
—	6	—	—	1er juin,	—	29	—
— 1898	1	—	—	20 mai,	—	63	—
—	1	—	—	16 juin,	—	36	—

A part les exceptions, — 2 parcelles en 1894, après un ensemencement prématuré et 1 parcelle en 1898, après une période extrêmement froide, — nous remarquons dans la plupart des cas (21), distri-

bués sur quatre années avec différents jours de semailles, un temps d'incubation de vingt-cinq à quarante-quatre jours, c'est-à-dire, de quatre à six semaines. C'est là un temps bien plus considérable que celui — de neuf à douze jours — qui s'écoule après une inoculation artificielle, exécutée dans la serre.

Au point de vue de la précocité de l'apparition de la maladie et de la maturation, la sorte de Skinless est suivie de près par quelques sortes d'Orge, originaires des pays du nord, c'est-à-dire les Orges de Bunnerviken, d'Ausan et de Handoel, sortes auxquelles on a donné les noms des fermes en Jaemtland, d'où est venue la première semence. Dans ces sortes, qui se développent une à deux semaines plus lentement que la sorte de Skinless, les premières pustules de la rouille jaune se montrent soixante-six à quatre-vingt-un jours, ainsi à peu près dix semaines, après l'ensemencement. Il en est presque de même dans les sortes d'Orge hexastique (*Hordeum hexastichum*) qui poussent en général très rapidement. Dans toutes les sortes tardives, ainsi dans la plupart des Orges distiques, la rouille jaune vient tard et peu abondamment, si jamais elle apparaît.

En étant de passage à Svaloef en Scanie, le 23 juillet 1895, j'ai eu l'occasion d'observer un rapport semblable entre la précocité et l'intensité de l'apparition de la rouille d'un côté et la rapidité du développement et de la maturation de la sorte, de l'autre. Parmi les nombreuses sortes d'Orge, cultivées là, dans le champ d'essais, il y avait une sorte carrée, très précoce, originaire de Norrland, et cultivée dans deux parcelles, séparées par un espace assez considérable. Toutes ces deux parcelles étaient fort grièvement envahies par la rouille jaune, d'en bas des pieds jusqu'en haut des épis (degré 4), tandis que les autres sortes, cultivées dans le même champ, ne montraient à peine une seule trace de cette espèce de maladie.

Dans ce qui précède, nous avons montré qu'il est impossible d'attribuer la prédisposition inégale à la maladie, à des agents mécaniques. Ensuite nous avons fait voir qu'il y a un rapport évident entre cette prédisposition et la précocité de la sorte en question. Dans tout ceci, nous ne pouvons que voir un appui de la supposition que la source principale de la maladie est dans un germe interne parvenant à sa maturité pendant une certaine phase du développement de la plante.

h. *Liquides et poudres recommandés contre les champignons, mais au fond incapables de prévenir ou d'arrêter la maladie.* — Le 12 mai 1892, nous avons levé du champ cultivé 10 pieds de Blé de Michigan Bronce, envahis par la rouille, pour les transplanter ensuite dans la serre en des pots à fleurs, et quelques jours plus

tard nous en avons ôté toute feuille malade. Immédiatement cela fait, nous avons arrosé la moitié du nombre de ces pieds avec de la dissolution de carbonate de cuivre ammoniacale, tout en laissant les autres 5 pieds absolument secs. Treize jours plus tard, le 30 mai, en faisant des observations sur toutes ces plantes-ci, nous avons obtenu les résultats suivants (tabl. XVI) :

TABL. XVI. — **Intensité de la Rouille jaune dans dix pieds de Michigan Bronce, transplantés en pots à fleurs, cinq d'entre eux arrosés avec de la dissolution de carbonate de cuivre ammoniacale.** (Été 1892.)

NUMÉROS des plantes.	17 MAI (à la coupe des feuilles malades). Nombre des pousses indemnes.	Nature des pousses indemnes.	30 MAI. Nombre des pousses dont les feuilles inférieures sont rouillées.	Intensité de la Rouille (degrés).
		A. — Plantes non arrosées.		
1	7	Vigoureuses.	7	2
2	7	—	7	1
3	6	—	6	2
4	7	—	7	0-1
5	4	Frêles.	1	1
		B. — Plantes arrosées.		
6	5	Frêles.	5	2
7	7	Vigoureuses.	7	2
8	6	—	1	1
9	5	—	2	1
10	4	Frêles.	1	1

Si l'on veut par les résultats de ces recherches apprendre quelle influence pourrait avoir l'arrosement sur la propagation de la maladie, on voit que, parmi les pieds non arrosés, quatre (nos 1 à 4) et, parmi les pieds arrosés, deux (n° 6 et 7) sont entièrement envahis par la rouille. Dans lesquatre autres numéros, il n'y a qu'un assez petit nombre de feuilles malades. L'un de ces numéros (n° 5) — celui qui n'avait pas été arrosé — n'a qu'une pousse rouillée. Des trois autres — tous arrosés — le premier (n° 9) montre deux pousses rouillées contre trois indemnes, le second (n° 8) une pousse malade contre cinq et enfin le troisième (n° 10) une pousse rouillée contre trois saines. Ainsi l'on ne trouve point entre les plantes arrosées et celles qui n'ont pas été arrosées une différence essentielle à attribuer à l'influence des liquides. De même, on ne trouve

aucune différence entre les plantes, en regardant les degrés d'intensité auxquels est parvenue la rouille dans les cas divers, car dans toutes les deux séries, l'intensité de la rouille s'est montrée à peu près la même.

Mais, même à d'autres points de vue, les plantes de ces deux séries se ressemblent. Pour commencer, les pousses, qui s'en sont développées, ont toujours été plus longues et plus frêles qu'il n'en a été le cas dans des pieds poussant en plein champ, et ensuite on n'a pas en général pu découvrir de traces de rouille en haut des pieds (feuilles et entre-nœuds supérieurs, épis). Dans un seul pied ont apparu quelques traces de rouille sur une feuille tout en haut; durant tout l'été, le contour en est pourtant resté le même. Les grains des épis indemnes ont été bien nourris et beaucoup plus lourds que les grains de cette orge, récoltés en plein champ. Le poids de ces premiers a été de 5gr,915, pour 100 grains, tandis que le poids des derniers n'a été que de 2gr,580, pour 100 grains.

Il est vrai que ces essais, faits dans la serre, nous montrent qu'il n'y a rien à espérer de l'influence du carbonate de cuivre. Mais quelques essais, exécutés en plein champ la même année (1892), font voir d'une manière encore plus marquée (Eriksson et Henning, I, 439) que même l'arrosement avec d'autres liquides — phénol, chlorure de fer, sulfure de potasse — ne sert à rien, comme nous pouvons le voir par le tableau XVII, ci-dessous :

Tabl. XVII. — **Intensité de la Rouille jaune dans trois parcelles portant du Blé de Michigan Bronce, en parties arrosées.**
(Été 1892.)

Numéros des parcelles.	MANIERE de SEMER.	Largeur des lignes.	LIQUIDES destinés à tuer les champignons.	JOURS de l'arrosement.		INTENSITÉ DE LA ROUILLE (degrés).								
						27 mai.	15 juin.		2 juil.		12 juil.		18 juil.	
							Non arros.	Arrosées.	Non arros.	Arrosées.	Non arros.	Arrosées.	Non arros.	Arrosées.
1	A la volée.	.	Phénol, 0,1 p. 100.	3 juin.	21 juin	1	4	4	4	4	4	4	4	4
2	En lignes.	25	Chlor. de fer, 0,04 p. 100.	—	—	0	4	4	4	4	4	4	4	4
3	—	12	Sulf. de potasse, 0,2 p. 100.	—	—	1	4	4	4	4	4	4	4	4

Incontestablement les résultats de ces recherches déposent contre l'idée d'une contagion extérieure au moyen d'uredospores, transportées par le vent, comme la source principale de la maladie. Au contraire, ces résultats nous forcent à chercher l'origine de la

maladie dans un germe, vivant dans l'intérieur de la plante elle-même, où il se développe plus ou moins vigoureusement, à mesure que les conditions extérieures sont plus ou moins favorables. De l'influence des liquides, recommandés contre la maladie, il n'y a rien à espérer, car la chose s'est présentée de la même manière, que les spores, au voisinage, en aient été arrosées ou non.

3. — **Puccinia triticina**. — Rouille brune du Blé.

a. *Époque d'apparition des premières pustules d'*Uredo *sur le brin du Blé d'automne.* — A l'arrière-saison, on trouve quelquefois de la rouille brune sur le brin du Blé d'automne. L'automne 1892, nous fîmes des observations scrupuleuses là-dessus (Eriksson et Henning, I, 213) dans un champ de Blé portant 13 sortes de Blé diverses. Au vingt-neuvième jour, à partir de l'ensemencement, la maladie avait attaqué 1/4 des parcelles, et il est à remarquer que cinq jours plus tôt, le 26 septembre, il avait été impossible d'en découvrir une seule trace. Le 7 novembre, soixante-sept jours après l'ensemencement, la rouille brune avait envahi la moitié du nombre des parcelles.

Qu'il s'écoule un temps aussi considérable avant que les pustules apparaissent, voilà ce qui doit nous paraître bien curieux. Soustrayons les dix jours que demandent les germes pour se lever au-dessus du sol, et il nous reste pourtant un grand espace de temps pendant lequel la première feuille du brin doit avoir été mise à nu. Ce temps-ci s'élève en :

25 p. 100 cas	à	19	jours.
17,8	—	25	—
14,3	—	57	—

Cet espace de temps ne peut que nous sembler excessivement grand. C'est que le temps d'incubation qui s'écoule après une inoculation d'Uredo, ne s'élève pas à plus de dix jours, et nous savons en outre qu'il y a à portée, en abondance bien plus considérable que lorsque la saison est plus avancée, des uredospores résultant de pousses de Blé tardives, poussant au voisinage. Du reste, les circonstances qui se produisent au commencement de l'automne sont toujours celles qui favorisent le mieux la germination des spores et le développement rapide du mycélium.

Il n'est guère à supposer qu'une contamination extérieure se soit produite en ce moment-ci, puisque les spores ne germent jamais le même automne qu'elles ont été formées. Quand les choses sont au

mieux, c'est-à-dire lorsque les spores ont été exposées à l'air dans les circonstances naturelles qui se produisent, en hiver, elles germent au printemps qui suit leur formation. Du reste on peut bien supposer que la germination des téleutospores de l'année précédente s'est déjà terminée bien avant ce moment-là, c'est-à-dire pendant les mois d'avril à juin (Eriksson, XVIII, 258, etc.; XXI, 429, etc.).

Il est encore impossible d'attribuer l'apparition de la maladie a des aecidies de Borraginées ou d'autres plantes. C'est qu'on a trouvé que l'*Aecidium Anchusæ*, le seul aecidium de Borraginée qu'on ait jamais vu au champ d'expériences, n'a aucun rapport avec la rouile brune du Blé; au contraire il se rapporte à la rouille brune de Seigle, le *Puccinia dispersa* (Eriksson, XXI, 261). Il n'y a non plus à craindre une influence funeste de la part d'autres aecidies, car il n'y a dans cette place aucun autre aecidium qui puisse même être soupçonné comme dangereux pour le Blé. On ne peut non plus supposer une contagion venant de Céréales et de Graminées fourragères et sauvages, comme, par exemple, le Seigle, le Brome, le Chiendent, etc., poussant aux champs cultivés, aux gazons ou au bord des fossés. C'est que les formes de la rouille brune que portent ces plantes-ci, n'ont pas en général le pouvoir de se communiquer au Blé (Eriksson, XXI, 247, etc.).

Dès lors, nous n'avons pas d'autre ressource que de supposer, même en ce cas, un germe interne de maladie, parvenant à une maturation tardive. Il paraît que le temps que demande ce germe pour mûrir est plus long pour cette forme de rouille que pour la rouille jaune et que par conséquent la formation de spores devient ici moins vigoureuse, chose qui se manifeste en partie par ce que les pustules sont plus séparées les unes des autres et en partie par un accroissement comparativement plus faible de chacune des taches de pustules.

b. *Époques d'apparition de la maladie en été sur les Blés d'automne et de printemps.* — Comme nous en avons observé au sujet de la rouille noire et de la rouille jaune, il y a même ici une différence de temps tout évidente lorsqu'il s'agit de la première apparition de la maladie sur les Blés d'automne et de printemps. Pendant les années de 1892 à 1894, la première apparition de l'*Uredo triticina* eut ainsi lieu :

En 1892, sur le Blé d'automne, le 12 juillet, dans 14 parcelles d'essais (parmi 90), degré 1;
— sur le Blé de printemps, le 4 août, dans 2 parcelles d'essais (parmi 43), degré 1;

En 1893, sur le Blé d'automne, le 7 juillet, dans 8 parcelles d'essais (parmi 54), degré 1 ;
— sur le Blé de printemps, le 29 juillet, dans 2 parcelles d'essais (parmi 44), degré 1 ;
En 1894, sur le Blé d'automne, le 7 juillet, dans 47 parcelles d'essais (parmi 82), degré 1 à 2 ;
— sur le Blé de printemps, le 3 août, dans 12 parcelles d'essais (parmi 34), degré 1 à 2.

La différence de temps entre l'apparition de la maladie sur les Blés d'automne et de printemps s'est ainsi montrée de la manière suivante :

En 1892	pas moins de	23	jours.
1893	—	22	—
1894	—	27	—

Pour ce qui concerne le moment où la maladie parvint au maximum de son développement, la différence entre les Blés d'automne et de printemps fut pendant ces années-ci presque la même.

Quelqu'un voudrait peut-être émettre la supposition que cette différence serait causée par la distance entre la partie où poussait le Blé d'automne et celle qui portait le Blé de printemps. Mais ces années-ci, ces deux parties n'étaient séparées l'une de l'autre que par un espace de 15 à 20 mètres ; ainsi une telle supposition ne peut pas être justifiée. Ce qui serait encore absurde, ce serait de mettre en question une inégalité interne entre les formes de champignon qui attaquent les deux espèces de Blé. Tout au contraire, il existe entre elles une identité évidente, chose qui ressort de quelques essais d'inoculation exécutés pendant l'été 1899. Dans le tableau XVIII, ci-dessous, nous avons combiné les résultats de ces essais :

Tabl. XVIII. — **Essais d'inoculation avec de l'Uredo triticina de Blé d'automne (Épeautre rose barbu) transmis à du Blé d'automne (Blé de Graf Walderdorff) ou bien à du Blé de printemps (Blé d'Emma).**

(Été 1899.)

Numéros des inoculations.	Matière contagieuse : Prise de	Faculté germinative : Degrés.	Faculté germinative : Après Jours. Heures.	Communiquée à	Nombre : Des plantes inoculées.	Nombre : Des lieux d'inoculation.	Résultats positifs aux lieux d'inoculation.
28 juillet	Blé d'automne.	2	1-21	Blé de printemps	2	21	19 après 8 jours.
—	—	—	—	— d'automne.	3	29	29 —
—	—	—	—	— de printemps.	3	25	25 —
—	—	—	—	— d'automne.	3	25	25 —

Ainsi il ne nous reste d'autre moyen d'expliquer la première apparition de la maladie que de supposer un germe interne de maladie, vivant dans la Céréale elle-même. Or, deux hypothèses peuvent être faites sur l'origine de la maladie : ou bien ce germe a pénétré, au printemps, dans les pieds de Blé à l'aide de téleutospores germantes; ou bien l'origine de la maladie est dans la plante mère, laquelle l'a transmise par les grains. Lorsque ceux-ci furent semés, le germe de maladie vivait dans leur intérieur sous une forme quelconque. La première de ces deux alternatives peut expliquer à un certain degré et sous certaines conditions (Eriksson, XXI, 279) l'apparition de la rouille brune sur le Blé, au cœur de l'été. Pourtant il serait bien difficile d'expliquer pourquoi en ce cas la maladie n'apparaît pas en même temps sur les deux sortes de Blé. Il est vrai qu'on pourrait en chercher l'explication dans le fait que le Blé de printemps, comme ayant été semé dans la première semaine de mai, développe dans la seconde semaine de ce mois des feuilles qui peuvent être contaminées par les sporidies. Le Blé d'automne, au contraire, a commencé à pousser de nouveaux rejetons dès le mois d'avril.

Mais, si l'on cherche la source principale de la maladie dans la semence elle-même, il devient bien plus facile d'expliquer l'inégalité qui, au sujet du moment de la première apparition de la maladie, se fait reconnaître entre les deux espèces de Blé. Car, en ce cas, on peut attribuer cette différence en partie à ce que le Blé d'automne a été semé de bien meilleure heure que le Blé de printemps, et en partie à ce que le temps d'incubation de ce germe de maladie tombe pour le Blé de printemps en entier au printemps, mais pour le Blé d'automne, à une partie considérable, à l'arrière-saison. Si l'on ne compte pas les pustules éparses qui, d'une manière proleptique, apparaissent alors sur le brin et qu'on fasse la soustraction des quatre mois de l'hiver (décembre à mars) qui doivent servir de repos, le temps de l'incubation s'élève, pour le Blé d'automne, à environ six mois. De ces six mois, trois tombent à l'automne (septembre à novembre) et trois au printemps (avril à juin). Pour le Blé de printemps, au contraire, la même époque ne dure que trois mois (mai à juillet). Évidemment le temps d'incubation plus court dans le Blé de printemps doit ainsi être en rapport avec le temps qui s'écoule entre les semailles et la récolte de cette céréale. Pour le Blé de printemps ce temps ne s'élève qu'à quatre à cinq mois, pour le Blé d'automne, au contraire, à dix à onze mois. Ainsi la différence de temps susdite entre l'apparition de la maladie dans les Blés d'automne et de printemps n'est à vrai dire qu'une identité, si l'on

considère la phase de développement à laquelle sont parvenues les deux espèces de Blé au moment où apparaît la maladie. Le Blé d'automne atteint ainsi pendant la première semaine de juillet à peu près le même degré de développement auquel le Blé de printemps ne parvient que pendant la première semaine d'août.

c. *Localisation du champignon pendant les années où la maladie produit des ravages bien graves.* — Pendant l'été 1896, la rouille brune du Blé apparut au champ d'expériences avec une intensité qu'on n'a remarquée ni tôt ni tard (Eriksson, XVI, 275). Elle ne se contenta pas alors d'envahir les limbes des feuilles, comme elle le fait en général, mais attaqua les gaines mêmes, point dans toutes les variétés de Blé, c'est vrai, mais pourtant dans un assez grand nombre d'entre elles. Ce développement du champignon, extrêmement vigoureux pour nos conditions et notre climat, doit avoir eu rapport avec la chaleur tropicale qui, cette année-là, régnait pendant les deux premières décades de juin. Du 1er jusqu'au 21 juin, la température maxima ne descendait jamais au-dessous de 19°,5 ; un certain jour elle s'éleva jusqu'à 31°. En moyenne, elle était de 25°,1. La quantité d'eau tombée pendant cette époque-ci se bornait à deux petites bouffées de pluie, l'une (le 6 juin) amenant 0mm,3, et l'autre (le 19 juin) 0mm,5 de pluie.

Le montant des températures maxima pendant ces deux décades était de 242° et de 261°, nombres bien hauts, si on les compare aux chiffres moyens qui représentent les mêmes périodes pendant les six années précédentes (184° et 193°,6).

En rapport avec le développement excessivement vigoureux du champignon, nous observâmes, cette année-là, dans les différentes sortes de Blé une prédisposition inégale à la maladie, chose qui nous permit de les ranger en trois groupes : *presque indemnes*, *faiblement attaquées* et *grièvement envahies*. En outre nous remarquâmes dans le dernier de ces groupes — celui des Blés grièvement envahis — une différence notable au sujet de la localisation du champignon sur les sortes diverses. Dans certaines sortes, par exemple celle de Kaiser, les limbes des 2 (-3) feuilles supérieures portaient des taches de Puccinia (degré 4), tandis que les gaines et les feuilles inférieures restaient presque indemnes. D'autres sortes, comme celle de Grevenhagener, montraient, elles aussi, sur les limbes des feuilles supérieures des taches de Puccinia en grande abondance. Mais en même temps, il y avait de telles taches en bien grand nombre sur les (2-)3 gaines supérieures. En ce cas ainsi, les 2(-3) gaines inférieures seules restaient à peu près indemnes.

Mais, où donc trouver une explication satisfaisante du phénomène

que, dans toutes les deux sortes de Blé, les parties supérieures des pieds presque seules portaient des taches de Puccinia, et ensuite, comment comprendre la différence entre les sortes diverses — dans la sorte de Kaiser les limbes seulement attaquées, dans celle de Grevenhagener les limbes aussi bien que les gaines?

Nous avons voulu attribuer le développement excessivement vigoureux du champignon, l'année en question, à la chaleur et à la sécheresse intenses qui se produisaient pendant les deux premières décades du mois de juin. Si c'est vraiment dans ces conditions qu'il faut chercher la cause principale de la maladie, il est évident que l'influence en doit se montrer sur les parties du chaume — les membres supérieurs — où, pendant ce temps-ci, les fonctions vitales étaient surtout vigoureuses. Le Blé monta en épis vers le 22 juin, et c'est pendant les deux ou trois semaines précédentes qu'avait eu lieu le développement principal des 2 à 3 membres supérieurs. Les membres inférieurs, au contraire, ne jouaient alors plus aucun rôle et étaient même en train de mourir.

Si nous ne voulons admettre qu'une intervention d'uredospores — transportées par le vent et formant de nouveaux centres de maladie — comme la source de la maladie, il nous devient difficile de comprendre l'inégalité entre les sortes diverses. Ce qui nous devient alors inexplicable, ce n'est pas seulement le fait que, sous des conditions météorologiques aussi anormales, le champignon ait pu se développer aussi bien qu'il l'a fait, mais c'est encore que dans une sorte les gaines ont été indemnes, dans l'autre, au contraire, grièvement envahies, pendant que les limbes ont été dans toutes les deux sortes fort attaqués par la maladie.

La chose se présente d'une tout autre manière, si nous supposons qu'il y a deux sources de maladie : 1° un germe de maladie contenu dans la plante elle-même, hérité de la plante-mère, ou ayant pénétré dans les grains lorsque ceux-ci germaient, et 2° une intervention d'uredospores de plantes voisines malades, ayant lieu pendant l'époque des ravages même. Mettons ensuite que dans la sorte de Grevenhagener le germe interne de maladie est bien abondant et vigoureux, mais que dans la sorte de Kaiser, au contraire, il est très faible ou n'existe point. Nous allons alors comprendre pourquoi les circonstances météorologiques anormales pouvaient exercer une influence plus efficace sur la gaine de Grevenhagener dans l'intérieur de laquelle vivait un germe de maladie bien vigoureux que sur la gaine de Kaiser laquelle n'avait recours qu'à l'intervention de matières contagieuses du dehors comme source de maladie.

4. **Puccinia coronifera**. — Rouille à couronne.

a. *Intensité inégale de la maladie sur de l'Avoine en différentes années et en différentes localités.* — Tous les ans, nous avons cultivé au champ d'expériences un grand nombre de variétés d'Avoine. Toujours la culture y a été réalisée de la même manière et dans le même champ d'essais : ainsi la végétation environnante a toujours été la même. Mais en dépit de cela, l'apparition de la rouille à couronne a été bien inégale, en différentes années.

En 1890, on trouvait la rouille à couronne en grande abondance au champ d'expériences. Elle se montrait alors, dès le 7 août dans 4, et dès le 25 août dans 35 parcelles d'Avoine parmi 95 examinées. Souvent même, la maladie parvenait à une intensité remarquable. En 1892 et en 1893 elle était moins abondante. La première de ces deux années on l'observa ainsi le 5 septembre dans une, le 19 du même mois dans 9 parcelles. L'année suivante, 1893, on la vit le 17 juillet, le 12 août et le 5 septembre, chaque fois dans une seule parcelle. Encore plus rares en furent les traces en 1894, où il n'y en avait pas assez dans le champ d'essais pour qu'on pût organiser une série d'inoculations avec cette forme de rouille. En 1895, la maladie n'était pas plus abondante, car alors on n'en trouvait qu'un petit nombre de taches assez tardives dans quelques-unes des parcelles. Les années suivantes, 1896 et 1897, la maladie était pourtant plus rare encore ; c'est à peine si l'on pouvait alors en découvrir une seule trace. En 1898 enfin, — ainsi au bout de sept ans — elle apparaissait de nouveau avec une intensité toute remarquable, et nous eûmes encore une fois une année pendant laquelle la rouille à couronne se montrait bien abondante. Le 13 août on en vit ainsi quelques traces (degré 1) dans 9 parcelles d'Avoine parmi 22 examinées, mais à peu près un mois plus tard, la maladie avait envahi la plupart des parcelles, en général à un degré fort considérable. Souvent même elle y était parvenue à son maximum d'extension (degrés 3 à 4).

Mais pourquoi donc, cette différence évidente entre les années diverses au sujet de l'intensité de la rouille ? Voilà la question que chacun doit se faire, en apprenant cet état des choses.

De Graminées, portant de la rouille à couronne, il n'y avait, au voisinage le plus proche, qu'une seule espèce, le *Festuca elatior*, dont on ne trouvait du reste qu'un petit nombre de mottes, à une distance de 50 mètres du champ où était cultivée l'Avoine. Pourtant on ne peut pas supposer que ces mottes-ci eussent communiqué

la maladie à l'Avoine, puisqu'on a trouvé que la forme de rouille à couronne qui attaque la Graminée en question, la f. sp. *Festucæ*, est une forme tout à part, n'ayant pas le pouvoir de se communiquer à l'Avoine (Eriksson, I, 320, 335; XV, 298, 300).

Il n'est pas non plus possible qu'une contagion extérieure, transmise par l'*Aecidium Cathartícæ*, ait causé la première apparition de la maladie sur l'Avoine. Il est vrai — il faut bien l'avouer — qu'au champ d'expériences il y avait çà et là, dans les jardins et les pépinières, des arbustes de *Rhamnus cathartica*, plante qui porte cet aecidium ; quelquefois il y avait même des lits ou des haies entiers, formés de cette espèce de plante. Mais, pour commencer, il n'y en avait point à une distance de 100 mètres autour du champ d'essais, et ensuite cet arbuste n'a jamais, nulle part, porté que très peu d'aecidies, comme, par exemple, une tache isolée sur une feuille ou deux.

On ne réussit pas mieux en attribuant l'envahissement de la rouille à une contagion de sporidies, transmise de téleutospores germant au printemps. C'est qu'en ce cas, il nous devient bien difficile de comprendre l'intensité inégale de la maladie en différentes années, surtout l'abondance du champignon en 1898. Cette année-là était précédée par une autre où il n'y avait eu presque point de rouille et où l'état de Puccinia — si celui-ci avait même jamais été développé — avait en tout cas été bien trop rare pour causer une grave apparition de la maladie pendant l'année suivante.

Il ne nous reste ainsi qu'une seule source possible d'où la rouille puisse tirer son origine, c'est-à-dire un germe de maladie sommeillant dans l'intérieur de la semence elle-même. Certaines années — comme en 1890 et en 1898 — les circonstances, nécessaires pour la transmission de ce germe, sont très favorables, et voilà le germe qui atteint alors un développement vigoureux. D'autres années, au contraire, les circonstances sont défavorables ou au moins peu favorables — en ce cas il y a très peu ou point de maladie.

Ce qui est très curieux, c'est que pendant les années où la rouille à couronne a apparu en abondance, il y a eu très peu de rouille noire et qu'il y a eu au contraire peu de rouille à couronne lorsque la rouille noire a été abondante. En 1894, par exemple, — année où la rouille à couronne était si rare qu'on ne pouvait pas même en récolter assez pour faire une seule inoculation d'Uredo — la rouille noire apparaissait dans la plus grande abondance, peut-être, si cela est possible, encore plus abondamment qu'en 1892 et en 1893, années pendant lesquelles la rouille noire abondait, mais la rouille à couronne était peu commune. En 1894, l'*Uredo graminis* apparaissait dès le 13 juillet dans 9 parcelles d'essais parmi 44 examinées (par-

tout le degré 1), et au bout de vingt jours, le 2 août, cette forme de rouille avait envahi toutes les 74 parcelles d'Avoine examinées. De ces parcelles, 13 étaient gravement atteintes par la maladie (degré 4), dans 14 la rouille était moins commune (degré 3), dans 28 il y avait un peu de rouille (degré 2), tandis que dans les 19 autres parcelles, on n'en voyait que quelques traces toutes faibles (degré 1). Après une à deux semaines encore, la rouille avait pourtant atteint, dans la plupart de ces parcelles, son maximum d'extension (degré 4).

L'année 1898 formait un parfait contraste avec celle dont nous venons de parler. Le 15 août — au même moment presque où en 1894 la rouille noire avait atteint dans la plupart des parcelles d'Avoine son maximum d'extension — il y avait cette année-là (1898), parmi 22 parcelles d'Avoine, 4 tout indemnes, 13 bien peu attaquées (degré 1), 3 où la maladie avait atteint le 2e degré d'intensité et deux seulement où elle se montrait bien abondante (degré 3 à 4). Cette année-là, la rouille noire n'atteignait jamais la propagation considérable à laquelle elle parvient en général. La rouille à couronne, qui n'apparaît généralement que plus tard, en a bien profité, car dès le 15 août cette forme de rouille se montrait dans 9 parcelles parmi 22, et sous peu elle avait atteint une telle propagation qu'il fallait signaler de nombreuses parcelles comme bien gravement infestées (1).

Ce qui est encore bien étrange, c'est que la rouille, et surtout la rouille à couronne, apparaît souvent en bien grande abondance : 1° sur de l'Avoine qui a été semée très tard pour être moissonnée à l'arrière-saison et qui doit être employée comme fourrages verts, et 2° sur les pousses tardives qui apparaissent dans les champs d'Avoine qui n'ont point été déchaumés après la moisson.

Quand il s'agit de la première de ces deux catégories, nous pouvons citer, pour exemple, une observation faite le 7 septembre 1897. En Upland (Suède moyenne), tout au bord de la voie qui vous conduit de Maersta à Sigtuna, il y avait alors un champ d'Avoine, ensemencé bien tard. Dans ce champ qui était d'une grandeur de quelques hectares, tout pied était presque entièrement envahi de la rouille à couronne. Les feuilles supérieures seules, qui n'étaient

(1) Un antagonisme tout semblable — s'il faut employer ce mot-ci — entre les deux formes de rouille qui attaquent l'Avoine, le *P. graminis* et le *P. coronifera*, a été observé et signalé dans l'Amérique du Nord par Hitchcock et Carleton (1, 6). Dans ce pays-ci on trouvait, en 1892, à la même localité, de la rouille à couronne en abondance, mais très peu de rouille noire; l'année suivante (1893) il en fut tout le contraire : la rouille noire fut très commune tandis qu'il n'y eut guère une seule trace de rouille à couronne.

pas encore toutes développées, étaient restées indemnes. Les limbes des feuilles du milieu, au contraire, étaient couverts de pustules plus ou moins nombreuses, et dans les feuilles, tout en bas, la face inférieure était toute pleine de taches de Puccinia. Sur les gaines il y avait aussi de la rouille noire en grande abondance, sur celles en haut de l'*Uredo graminis*, sur celles en bas du *Puccinia graminis*. Ce qui est pourtant curieux c'est que nous ne trouvions pas cette forme de rouille sur les limbes des feuilles. Partout l'Avoine se montrait bien vigoureuse ; par endroits, elle était versée et encore verte. De tous les champs voisins, qui avaient porté des Céréales de printemps, les moissons étaient déjà rentrées. Il est vrai que dans les bosquets qui entouraient le champ il y avait des arbustes isolés du *Rhamnus cathartica*, mais sur aucun d'eux il n'y avait d'aecidies, ni même de restes d'aecidies.

En Scanie (Suède méridionale) il y avait, l'automne 1890, dans la commune de Hyllie, à une demie lieue de Malmoe, un champ d'Avoine où la moisson avait été faite pendant que les pieds étaient encore tout verts. Le 29 août, nous remarquâmes dans ce champ de la rouille à couronne bien abondante sur toutes les pousses tardives qui avaient paru après la moisson. Le champ était d'une grandeur d'un à deux hectares, et il y avait quelques semaines qu'on avait moissonné l'Avoine pour l'employer comme fourrages verts. Depuis le jour de la récolte, de nouvelles pousses avaient commencé à se montrer dans le champ, et le 29 août elles avaient la hauteur de 1/3 à 1/2 mètre. Toutes ces pousses-ci étaient alors si pleines de pustules de rouille à couronne — surtout la forme de Puccinia — qu'à quelque distance elles semblaient toutes noires. De chercher en ce cas l'origine de la maladie dans des aecidies de *Rhamnus*, voilà ce qui serait impossible puisqu'il n'y avait de *Rhamnus cathartica* qu'à des distances bien considérables ; en tout cas on n'en avait trouvé aucun exemplaire à moins de 1 000 mètres.

Nous voyons ainsi qu'une année l'Avoine est très grièvement attaquée par la rouille noire, mais très peu par la rouille à couronne, tandis qu'une autre elle porte de la rouille à couronne en abondance sans montrer plus de quelques traces isolées de la rouille noire. Ensuite nous remarquons que la rouille à couronne apparaît en bien grande abondance sur de l'Avoine qu'on a semée lorsque la saison est déjà très avancée, et cela indépendamment et de la présence de l'*Aecidium Catharticæ* au voisinage et de l'abondance de téleutospores de l'année précédente. Tous ces faits curieux m'ont amené à la supposion suivante : l'origine de la rouille à couronne aussi bien que de la rouille noire peut provenir d'un

germe interne de maladie, dans la semence elle-même. La rouille noire est toujours plus précoce que la rouille à couronne, en même temps qu'elle aime mieux les contrées septentrionales que celle-ci. Si les conditions météorologiques qui se produisent au commencement de l'été — moment critique pour le germe de la rouille noire — sont favorables, l'Avoine devient bien grièvement envahie par cette forme de rouille. Comme favorables il faudra certainement considérer les circonstances qui se produisent en années normales. Mais si, au contraire, pendant l'époque en question, les conditions météorologiques sont plus anormales, c'est-à-dire s'il fait trop chaud ou trop froid, trop humide ou trop sec, etc., le germe de la rouille noire ne se plaît pas et ne parvient à aucun développement vigoureux. En ce cas il y a ainsi du reste pour la rouille à couronne un substratum bien considérable, si, par hasard, pendant l'époque critique pour le développement de cette forme de rouille, il va se produire des circonstances qui puissent favoriser la maturation de son germe de maladie.

L'été 1895 j'ai pu constater à Gœttingen, dans le champ d'essais qui appartient à l'Institut agricole, une apparition bien grave de la rouille à couronne sur l'Avoine. Le 8 août j'y trouvais des pieds d'Avoine bien forts et vigoureux entièrement envahis par la rouille à couronne dans l'état d'Uredo aussi bien que dans celui de Puccinia, et ce n'étaient pas seulement les limbes, larges d'un pouce, mais les gaines mêmes qui en étaient pleines. En même temps il y avait très peu de rouille noire, on n'en trouvait que des traces toutes faibles. Cette apparition de la rouille à couronne était au point de vue d'intensité parfaitement comparable aux plus graves apparitions de la rouille noire que jamais nous ayons remarquées sur cette Céréale, aux environs de Stockholm. Au voisinage du champ d'essais il n'y avait, à ce que nous avons pu voir ou apprendre, aucun abrisseau ni aucune haie de *Rhamnus cathartica*.

Cette observation, avec ce que nous avons signalé au sujet de l'apparition très rare de la rouille à couronne sur l'Avoine au champ d'expériences, nous amène à considérer cette forme de rouille comme une espèce plus méridionale qui à Stockholm se trouve tout près des limites septentrionales de sa distribution. Il est à présumer que la rouille à couronne est pour les cultivateurs du continent européen ce qu'est la rouille noire pour ceux de la Suède moyenne ou peut-être des pays scandinaves en général. Dans les annales publiées pendant les quatre dernières années par la Société d'Agriculture de l'Allemagne, le « Sonderausschuss für Pflanzenschutz », la rouille à couronne est aussi toujours signalée comme

la rouille principale de l'Avoine dans ce pays (Jahresbericht, II, 112; III, 132; IV, 152; V, 186).

Avec une telle opinion s'accorde très bien une observation que j'ai faite le 24 juillet 1895, en étant de passage à Svaloef en Scanie. Dans un assez grand nombre des parcelles d'Avoine, la rouille venait justement de commencer à paraître. Pour moi, habitué comme j'étais aux conditions ordinaires à Stockholm, il fut alors assez étrange de remarquer que même en ce moment-ci il y avait de l'*Uredo coronifera* en aussi grande abondance que de l'*U. graminis*. La première de ces deux formes n'attaquait que les limbes des feuilles — quelquefois on en trouvait dans l'état de Puccinia même — l'autre, dont il n'y avait que dans l'état d'Uredo, apparaissait au contraire sur les gaines seulement. Cette abondance relativement grande de la rouille à couronne, trahit qu'elle se trouve en Scanie plus près du centre de sa distribution.

b. *Apparition de l'Aecidium Catharticæ peu considérable même au voisinage de Graminées rouillées.* — De Graminées sauvages poussant au champ d'expériences il n'y a aucune qui, tous les ans, se montre aussi grièvement attaquée par la rouille à couronne que le *Festuca elatior*.

Il y a là une localité où cette Graminée forme, le long d'une route, un étroit tapis de verdure, large de 2 à 3 mètres et long de 20 à 25 mètres. A l'autre côté de la route qui est d'une largeur de 6 à 7 mètres, il y a une haie formée de *Rhamnus cathartica* et de *Rhamnus Frangula* et surpassant la hauteur d'un homme. Au commencement ou au milieu du mois d'août, on trouve, tous les ans, ce tapis de verdure envahi par la rouille à couronne. Avant qu'il soit quelques semaines, la maladie y a atteint un tel degré de développement qu'à quelque distance, le gazon semble d'un jaune vif. Après une ou deux semaines encore, la face inférieure des feuilles est toute couverte de taches de Puccinia d'un brun noirâtre. Sous de telles conditions et surtout comme cette Graminée n'a jamais été coupée à un moment aussi tardif, mais, au contraire, laissée tout intacte par la faux, il semble que les exemplaires du *Rhamnus cathartica* qui poussent à l'autre côté de la route doivent pendant l'été porter des aecidies abondants. Pourtant il n'a jamais été ainsi. Bien que le gazon de *Festuca*, extrêmement rouillé, se trouve au voisinage immédiat de cette haie, celle-ci n'a jamais montré que très peu d'aecidies; aucune année on n'en a vu que quelques taches isolées sur un petit nombre de feuilles. Parfois on n'en a pas pu découvrir une seule trace même.

Dans le jardin d'essais il en a toujours été tout à fait de même.

Le 6 octobre 1891 on y avait transplanté quelques mottes très rouillées de la Graminée, nommée ci-dessus, et l'année suivante, le 2 octobre, à une distance de 2 mètres de cette motte, un exemplaire du *Rhamnus cathartica*. Pendant les années suivantes, les choses se sont présentées comme le montre le tableau XIX, ci-contre.

Selon les idées généralement répandues, l'origine de la maladie est en premier et en dernier lieu à attribuer à l'intervention de matières contagieuses du dehors. Mais si nous partons d'une telle supposition, il ne peut que nous sembler bien étrange que toujours il y a eu très peu de rouille sur les arbrisseaux de *Rhamnus*. De 1893 à 1895 on trouvait un peu de rouille sur un petit nombre de feuilles, mais pendant les années de 1896 à 1898, il n'y en avait point. Il est à remarquer qu'à l'automne les mottes avaient toujours porté du Puccinia en abondance et que la distance entre les mottes et les arbrisseaux ne s'élevait qu'à 2 mètres.

D'attribuer cet état des choses à l'influence de conditions météorologiques défavorables, ayant lieu au printemps, voilà ce qui serait absurde, puisque cela se répète tous les ans. On ne peut pas non plus en chercher l'explication dans un manque de faculté de germination et de contamination chez les téleutospores hivernantes. Des essais refaits nous ont fait voir que les spores d'hiver étaient, au contraire, d'une vitalité toute remarquable. Le printemps 1896, nous remarquâmes dans des spores récoltées sur les feuilles des mottes en question une germination très commune (degré 4). Avec la matière, récoltée le 17 mai de ces mottes-ci et conservée ensuite à sec dans l'intérieur d'une maison, nous fîmes le 2 juin, sur un exemplaire du *Rhamnus cathartica*, transplanté dans un pot à fleur, des inoculations à 39 lieux différents. Sur 38 de ces lieux il y eut au bout de neuf à treize jours des spermogonies et au bout de dix-huit jours des aecidies (Eriksson, XV, 293). De même, nous fîmes le 26 mai 1897, avec la matière contagieuse, recueillie le 23 mai des mêmes mottes et conservée ensuite à sec dans l'intérieur d'une maison, des inoculations sur la même espèce de plante. Le résultat en fut presque également bon : 36 lieux d'inoculation, 34 résultats positifs, les spermogonies apparaissant en général au bout de quatorze jours et les aecidies au bout de vingt.

Dans le jardin d'essais, le *Rhamnus* nommé tout à l'heure pouvait ainsi rester indemne ou au moins presque indemne d'année en année bien qu'il y eût au voisinage immédiat des Graminées rouillées, portant en abondance des matières contagieuses d'une espèce capable d'attaquer cet arbuste. On peut tirer de là la conclu-

TABL. XIX. — **Puccinia coronifera sur du Festuca elatior et Aecidium Catharticæ sur du Rhamnus cathartica, séparé l'un de l'autre par un espace de 2 mètres; 1892-98.**

ANNÉES.	PUCCINIA CORONIFERA. Intensité de la rouille (degrés).															AECIDIUM CATHARTICÆ. Intensité de la rouille (degrés). (Une parenthèse autour du chiffre annonce les spermogonies).														
	9 juillet.	20 juillet.	22 juillet.	27 juillet.	1er août.	16 août.	20 août.	2 septembre.	17 septembre.	23 septembre.	24 septembre.	3 octobre.	4 octobre.	11 octobre.	14 octobre.	26 mai.	7 juin.	10 juin.	14 juin.	16 juin.	22 juin.	28 juin.	9 juillet.	16 juillet.	20 juillet.	22 juillet.	27 juillet.	1er août.	4 août.	11 octobre.
1892 ..	.	.	.	.	.	.	.	0	.	3																				
1893 ...	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(1)	.	1								
1894 ...	.	.	.	.	0	.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	1	1[1]	.	.	.	1	.	.	0	.	.	.	0		
1895 ..	0	.	.	.	.	.	2	.	.	.	4	.	.	.	4	.	.	(1	.	.	.	.	1[2]							
1896 ..	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	0	.	.	.	0	
1897 ..	.	.	.	1	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	0			
1898 ...	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	0

[1] Taches d'aecidies sur 3 feuilles seulement. — [2] Taches d'accidies sur 5 à 6 feuilles seulement.

sion que cette absence de rouille n'a point été causée par une incapacité de ces matières contagieuses de transmettre la maladie. Ce que nous avons vu le *Rhamnus* rester indemne d'année en année, c'est plutôt à regarder comme une affirmation de l'opinion suivante. Pour la propagation de la rouille, la distance entre les plantes, soit-elle peu considérable même, est d'une haute importance. Il en est ainsi, lorsqu'il s'agit de sa propagation d'une Graminée à un arbuste et réciproquement. Par conséquent la source principale de l'apparition de la rouille sur la Graminée et peut-être sur l'arbuste même ne peut pas être à chercher dans des spores ou des sporidies transportées par le vent de l'une des plantes à l'autre. L'origine principale de l'apparition de la rouille à couronne sur le *Festuca* est au contraire dans un germe interne de maladie, dans la plante elle-même. Ce germe vit sous une forme quelconque dans les bourgeons cachés de la motte, d'où sortent au printemps de nouvelles pousses. A la fin de juillet ou au commencement d'août le germe parvient à la maturation nécessaire pour l'apparition de nouvelles pustules.

5. Diverses formes de rouille.

a. *Spécialisation des rouilles des Graminées.* — Les nombreux essais d'inoculation exécutés au Champ d'expériences dans le cours des années nous ont montré qu'il existe une différence réelle dans la nature propre des formes de rouille qui attaquent les Graminées diverses. Il en est ainsi, bien que les formes se ressemblent à l'extérieur et quelquefois au sujet de la manière de développement même. Ainsi chaque forme est en général invariablement liée à l'espèce de Graminée qu'elle attaque. Par conséquent il y a un bien plus grand nombre de formes de champignons distinctes qu'on ne l'a cru auparavant. Certaines d'entre elles ont des qualités communes. Dans toutes les formes de rouille noire, par exemple, on retrouve la faculté de se communiquer à l'Épine-Vinette et d'y donner lieu à des aecidies. Aussi toutes ces formes-ci ont elles été réunies sous la même espèce morphologique, comme des races séparées au point de vue biologique, ou comme des *formes spécialisées*. D'autres, au contraire, ne montrent pas une telle analogie entre elles. En ce cas, nous pouvons signaler les formes de rouille brune qui attaquent le Seigle, le Blé, le Brome et le Chiendent. Ces formes-ci ne présentent entre elles qu'une certaine ressemblance à l'extérieur, c'est-à-dire au point de vue de la couleur et de la forme des

pustules, etc. Nous avons mis ces formes-ci comme des *espèces* séparées.

Les essais d'inoculation, exécutés jusqu'ici dans notre pays, ont mis en évidence que le nombre des formes est bien grand. Si nous combinons les résultats de ces recherches (Eriksson et Henning, I; Eriksson, I, IV, V, XIV, XV, XXI), les faits se présentent de la manière que montre le tableau, XX.

Au lieu des 3 ou 4 espèces, connues auparavant, on s'est vu obligé de distinguer jusqu'à 12 espèces, dont 4 comprennent ensemble 24 formes spécialisées. En tout, nous pouvons distinguer 32 formes distinctes; 10 d'entre elles apparaissent sur les Céréales, les autres 22, sur d'autres Graminées.

Pour ce qui concerne la spécialisation, ces formes présentent entre elles une certaine différence. Il y en a quelques-unes *bien fixées*, c'est-à-dire invariablement liées à une ou à plusieurs espèces de plantes nourricières, sur lesquelles elles apparaissent (Eriksson, I, 297). Ces formes-ci ne peuvent pas être inoculées à d'autres espèces de plantes, soient-elles même très congénères à celles qui portent les champignons. Parmi les formes bien fixées, nous pouvons distinguer deux catégories (Eriksson, XXI, 264): 1° les parasites *isophages*, ou ceux qui sont limités à une seule ou bien à plusieurs espèces très congénères, comme, par exemple, le *Puccinia dispersa* seulement sur le *Secale cereale;* le *Puccinia simplex* sur l'*Hordeum vulgare* et le *P. graminis* f. sp. *Agrostis* sur l'*Agrostis canina*, l'*A. stolonifera* et l'*A. vulgaris;* 2° les parasites *hétérophages*, ou ceux qui vivent sur plusieurs espèces de plantes moins congénères, comme, par exemple, le *P. graminis* f. sp. *Secalis* sur des espèces des genres *Secale*, *Hordeum*, *Triticum*, *Elymus* et *Bromus*.

Il y a, en outre, un certain nombre de formes *moins bien fixées*. Celles-ci sont en général, et — nous pouvons le dire — en état de liberté peut-être toujours, appliquées à certaines (une ou plusieurs) espèces nourricières congénères. Elles ont pourtant le pouvoir de se communiquer aussi à d'autres espèces. Il est vrai, néanmoins, que cela n'arrive qu'assez rarement et sous l'influence de circonstances très favorables au développement du parasite. Nommons en ce dernier cas le *P. graminis* f. sp. *Tritici* qui s'est aussi communiqué à l'Orge, au Seigle et à l'Avoine; le *P. triticina* qui a contaminé même le Seigle; le *P. agropyrina* qui peut aussi attaquer le Seigle et le Brome, etc.

Il est évident que, par la découverte de cette multiplicité de formes différentes, la propagation de la rouille d'une Graminée à l'autre se

TABL. XX. — **Tableau systématiqu**

EN 1890.	Espèces :	1. *graminis* Pers. (Aecidium Berberidis).				(Aec.
	Variété :					
En 1900.	Espèces : 1. *graminis* Pers. Rouille noire. (A. Berberidis)	2. *Phlei-pratensis* Er. et Hen. Rouille de phléose. (Pas d'aecid.)	3. *glumarum* (Sc.) Er. et Hen. Rouille jaune (Pas d'aecid.)	4. *dispersa* Er. Rouille brune de Seigle. (Aec. Anchusæ)	5. *triticina* Er. Rouille brune de Blé. (Pas d'aecid.).	*brom* (Pas d
	Formes spécialisées :					
	1. *Secalis* sur Secale cereale. Hordeum vulgare. H. jubatum. Triticum repens. T. caninum. T. desertorum. Elymus arenarius. Bromus secalinus.	sur Phleum pratense. Festuca elatior.	1. *Tritici* sur Triticum vulgare. 2. *Secalis* sur Secale cereale. 3. *Hordei* sur Hordeum vulgare. 4. *Elymi* sur Elymus arenarius. 5. *Agropyri* sur Triticum repens.	sur Secale cereale.	sur Triticum vulgare. T. compactum. T. spelta. T. dicoccum.	s Brom ven B. mos B. secu B. bri mis B. m chy B. ar nen B. asp B. pal B. sq sus B. rac B. ste B. tec
	2. *Avenæ* sur Avena sativa. A. elatior. A. sterilis. Dactylis glomerata. Alopecurus pratensis. Milium effusum. Lamarckia aurea. Trisetum disticophyllum.					
	3. *Tritici* sur Triticum vulgare.					
	4. *Airæ* sur Aira caespitosa					
	5. *Agrostis* sur Agrostis canina. A. stolonifera. A. vulgaris.					
	6. *Poæ* sur Poa compressa P. caesia.					

es de la rouille des céréales.

i DC. lii).					3. *coronata* Corda. (Aec. Rhamni).	
..... simplex Kcke.						
. *yrina* . aec.).	8. *holcina* Er. (Pas d'aec.).	9. *triseti* Er. (Pas d'aec.).	10. *simplex* Kcke. Er. et Hen. Rouille naine. (Pas d'aec.).	11. *coronifera* Kleb. Rouille à couronne (Aec. Catharticæ).	12. *coronata* (Corda). Rouille couronnée. (Aec. Frangulæ).	13.
r m re- .	sur Holcus lanatus. H. mollis.	sur Trisetum flavescens.	sur Hordeum vulgare.	1. *Avenæ* sur Avena sativa. 2. *Alopecuri* sur Alopecurus pratensis. A. nigricans. 3. *Festucæ* sur Festuca elatior. 4. *Lolii* sur Lolium perenne. 5. *Glyceriæ* sur Glyceria aquatica. 6. *Holci* sur Holcus lanatus. H. mollis.	1. *Calamagrostis* sur Calamagrostis arundinacea. C. lanceolata. 2. *Phalaridis* sur Phalaris arundinacea. 3. *Agrostis* sur Agrostis stolonifera. A. vulgaris. 4. *Agropyri* sur Triticum repens. 5. *Holci* sur Holcus lanatus. H. mollis.	1. *Epigæi* sur Calamagrostis Epigeios. 2. *Melicæ* sur Melica nutans.

trouve très restreinte. Par suite, la possibilité d'expliquer l'apparition de la maladie en plein champ par une contagion extérieure est considérablement diminuée. Auparavant on pouvait, par exemple, lorsque la rouille brune apparaissait sur une Graminée, se tirer d'embarras en attribuant la maladie à une contagion transmise de pailles voisines, envahies par la rouille brune. Mais maintenant on ne le peut plus, car on sait que toute Graminée a sa forme spécialisée plus ou moins bien fixée, qui ne peut pas, en général, attaquer d'autres espèces que celle à laquelle elle est liée. En expliquant l'apparition de la rouille brune sur le Seigle, on a à se tenir exclusivement au Seigle. Quand il s'agit de son apparition sur le Blé, on n'a recours qu'au Blé ; sur les Bromes, aux Bromes seuls, etc. Ce qui, sous de telles conditions, doit nous sembler bien étrange, c'est qu'en dépit de tout cela, les espèces de champignon signalées se montrent en général très communes. Partout où l'on sème des graines de différentes espèces de Graminées — supposé toujours qu'il soit à peu près dans les bornes naturelles de la distribution des espèces respectives et que les conditions météorologiques ne soient pas trop défavorables — on va trouver que la chose se présente de la manière suivante. Sur les plantes apparaissent au bout de quelque temps, lorsqu'elles sont parvenues à une certaine phase de développement, les formes de rouille qui y sont liées, sans que l'existence ou l'absence de la même Graminée au voisinage n'y ait rien à faire.

Le temps qui s'écoule avant que les pustules apparaissent ne dépend point d'un voisinage de plantes à aecidies de la même espèce de plante ou d'une espèce congénère. Au contraire, l'époque des semailles (Eriksson, XXI, 272, etc.), la rapidité du développement de la plante (annualité ou pérennité), l'abondance de substances nutritives dans le sol, la situation du champ, les conditions météorologiques se produisant pendant l'époque de l'accroissement et enfin l'origine de la semence même influent sur ce temps.

En certains cas — lorsqu'il est question des formes hétérophages et des formes moins bien fixées — on pourrait soupçonner une contamination provenant de Graminées voisines malades, comme la source de la maladie. Mais en faisant des observations plus approfondies là-dessus, on va rencontrer, même ici, des circonstances qui rendent impossible ou au moins invraisemblable une telle supposition.

Si la rouille noire apparaît ainsi sur le Seigle d'automne, selon les règles, une ou deux semaines plus tôt que sur aucune autre Graminée portant la même forme de rouille noire, comme, par exemple, l'Orge, le Chiendent, etc., il n'est guère admissible que l'origine de l'apparition de la maladie sur le Seigle, soit à chercher dans une

contamination provenant d'une de ces dernières espèces de plante. Par conséquent, la nature hétérophage de ce champignon ne nous aide pas beaucoup à trouver une explication satisfaisante de l'origine de la maladie.

Il paraît aussi que la fixité moins marquée de certaines formes — par exemple de la rouille noire du Blé, de la rouille brune du Blé, de la rouille brune du Brome, de la rouille brune du Chiendent, etc. — ne peut non plus nous aider à trouver l'explication de l'origine de la maladie. Il est possible que toutes les formes, signalées tout à l'heure, ont quelquefois, à l'aide d'inoculations artificielles, pu se communiquer au Seigle, où elles ont produit des formations de pustules ressemblant fort à celles qui, sous le même nom, se rencontrent normalement sur le Seigle. Or, de cela, il ne suit point qu'en plein champ la chose se présente de la même manière, et il faut dire qu'en vérité les observations faites en état de liberté ne donnent point d'appui à une telle supposition. La rouille noire du Blé apparaît une à deux semaines plus tard que celle du Seigle, les formes de la rouille brune qui attaquent le Blé et le Brome, se montrent également une à deux semaines plus tard que la forme du Seigle, et la rouille brune du Chiendent enfin trois à quatre semaines plus tard que celle du Seigle. Par conséquent, il est impossible d'attribuer au Blé la cause de la première apparition de la rouille noire sur le Seigle, de même qu'il serait absurde de regarder le Blé, le Brome et le Chiendent comme les foyers de contagion, d'où est provenue la rouille brune sur le Seigle. Contre une telle explication, nous pouvons encore apporter le fait que ces deux formes de rouille, attaquant le Seigle, apparaissent tout indépendantes de ce que les Graminées, signalées tout à l'heure, poussent au voisinage ou non.

L'intensité inégale de la même espèce de champignon sur différentes Graminées est aussi une chose digne d'être mise en considération. Le *P. graminis* f. sp. *Secalis*, par exemple, attaque ainsi surtout le Chiendent et cela quelquefois même à un tel degré d'intensité, qu'à l'arrière-saison il n'y en a à peine une seule pousse saine. Sur le Seigle cette forme apparaît un peu moins abondamment, sur l'Orge on en trouve encore moins et sur le *Bromus secalinus* elle devient très rare même. La chose se présente tout à fait de même lorsqu'il est question du *P. graminis* f. sp. *Avenæ*, forme qui, au Champ d'expériences, s'est rencontrée en grande abondance sur l'Avoine et le *Dactylis glomerata*, moins abondamment sur l'*Alopecurus pratensis* et très rarement sur l'*Avena elatior* et le *Milium effusum*, même si toutes ces Graminées ont poussé au voisinage immédiat de l'Avoine rouillée.

Les faits que nous venons d'énoncer nous engagent à ne pas compter trop sur la nature hétérophage des champignons en question, quand il s'agit d'expliquer l'origine de la maladie sur l'une ou l'autre plante nourricière. Au contraire, tout cela doit amener la supposition qu'il y a une certaine différence interne entre les formes de la rouille noire qui, en plein champ, attaquent, par exemple, l'Avoine, le *Dactylis glomerata*, l'*Alopecurus pratensis*, l'*Avena elatior* et le *Milium effusum*, bien qu'elles soient regardées comme une seule et même forme. Cette différence se manifeste ainsi qu'à un endroit une ou plusieurs de ces Graminées occupent une place plus importante que les autres, comme plantes nourricières, ou, pour ainsi dire, que le champignon s'y est trouvé sur une ou plusieurs Graminées plus à son aise qu'il ne l'a fait sur les autres.

Quoi qu'il en soit, il est pourtant certain que la circonstance dont nous venons de parler — la spécialisation inégale des champignons — est faite, elle aussi, pour amener la supposition que la source des ravages qui, avec tant de régularité, se répètent à différents endroits est à chercher dans l'intérieur du grain ou de la pousse, c'est-à-dire dans un germe interne de maladie. Avant que ce germe puisse mûrir et causer une apparition de pustules il faut qu'il se soit écoulé un certain temps.

b. *Apparition inégalememt forte de la même forme de rouille sur les races ou les pieds divers de la même espèce de plante nourricière ou de plantes hospitalières au moins congénères.* — Dans le jardin d'essais, nous semâmes, le printemps 1891, des grains du *Poa nemoralis*, achetés chez un grainetier à Stockholm. Le même automne, nous transplantâmes (le 30 octobre), dans ce jardin d'essais, à 30 mètres au sud de cette semence-ci, quelques exemplaires de la même espèce de graminée. Ceux-ci étaient pris à une autre localité, au Champ d'expériences, au bord d'un fossé, et portaient de l'*Uredo Poarum* en abondance. Grâce aux notes prises de ces deux numéros d'essais, pendant les années suivantes (Eriksson, V, 516), nous avons été renseignés sur les points suivants. Les pieds transplantés comme rouillés dans le jardin, portaient, en 1891, cet Uredo en abondance, dès le 30 octobre au 5 novembre; en 1892, dès le 31 mai au 13 novembre; en 1893, dès le 16 juin au 16 août; en 1894, dès le 2 mai au 16 juillet; en 1895, dès le 30 août au 24 septembre; en 1896, dès le 19 juin au 20 juillet; et en 1897, dès le 27 juillet au 16 août. Le numéro, situé à 30 mètres seulement au nord, fut noté en 1891, comme portant de la rouille sur quelques feuilles isolées, dès le 2 au 14 novembre. Le 24 avril 1892 il n'y avait de rouille que sur une

seule feuille, sans quoi le numéro était indemne dès le 7 juillet au 16 août. En 1793, il restait sain pendant toute l'année ; en 1894, il se montrait un peu rouillé dès le 17 septembre au 4 octobre, mais restait, pendant l'autre partie de l'été, parfaitement indemne. En 1895, il était sain dès le 30 avril au 14 octobre ; en 1896, dès le 27 avril au 29 octobre, et, en 1897, dès le 5 mai au 16 août. Les plantes malades étaient, en ce cas, séparées des plantes saines par un espace de 30 mètres.

Dans le même jardin d'essais nous transplantâmes, l'automne 1893, quelques mottes du *Lolium perenne* parfaitement saines et prises dans le grand champ cultivé. L'année suivante, nous plantâmes, le 1er août, à 6 mètres de distance, quelques mottes de la même Graminée, prises dans le port de Borgholm et gravement envahies par une forme d'Uredo, ressemblant à l'*Uredo coronifera*, mais ne montrant jamais aucune trace de téleutospores. En 1894, dès le 1er août au 22 novembre, et, en 1895, dès le 29 août au 14 octobre, les pieds venant de Borgholm portaient de la rouille abondante, tandis qu'en 1896 ils se montraient, dès le 4 août jusqu'au 3 octobre, très peu rouillés. Les mottes, plantées en 1893, restaient indemnes pendant toute l'année 1894, ne montraient, en 1895, que quelques traces isolées de rouille sur quelques-unes des feuilles (le 29 août et le 14 octobre) pour redevenir, en 1896, dès le 27 avril au 29 octobre parfaitement saines. En ce cas il était question d'une distance de 6 mètres entre les plantes malades et les plantes saines.

Dans le jardin de Bergielund (le Hortus Bergianus) je trouvai, le 24 septembre 1895, dans un numéro de l'*Elymus arenarius*, originaire de Rosendal, près Stockholm (depuis 1888), de l'*Uredo glumarum* en grande abondance sur les feuilles, généralement très vigoureuses. Le même jour un numéro voisin (à 1 mètre de distance), portant la même Graminée élevée de graines reçues de Berlin (depuis le 14 juin 1889) et étant lui aussi bien vigoureux, ne montrait que très peu de rouille : une seule raie de pustules sur une feuille unique. Le 21 octobre, le premier de ces deux numéros était tout couvert de pustules de la rouille jaune, dans l'état d'Uredo comme dans celui de Puccinia, tandis que l'autre ne montrait que très peu de cette forme de maladie. Dans aucun des deux numéros il n'y avait de rouille noire, quoiqu'une parcelle voisine avec de l'*Elymus sibiricus* (à 1 mètre de distance) portât de cette forme de rouille en abondance, dans l'état d'Uredo aussi bien que dans celui de Puccinia.

Dans une autre partie du même jardin, j'observai, le 8 octobre 1897, un numéro de l'*Elymus arenarius*, originaire de Runmaroe, petite île située dans le « Skaergaurd » de Stockholm. Dans ce

numéro toutes les pousses presque portaient de l'*Uredo* et du *Puccinia graminis* en très grande abondance. Séparé par une route large de un mètre et demi seulement, il y avait un autre numéro de cette Graminée, désigné comme la var. *villosa*, puisque les bâles en étaient toutes couvertes de poils. Ce numéro, originaire de Tromsœ en Norvège (depuis le mois de septembre 1894), occupait, avec ses nombreuses pousses, fortes et vigoureuses, quelques-unes toutes jeunes, d'autres plus vieilles, un terrain de 9 à 10 mètres carrés. Or, il n'y eut que sur une dizaine des feuilles qu'on pût découvrir des traces isolées de l'*Uredo graminis*. Sur un petit nombre des feuilles il y avait, en outre, de bien faibles traces de l'*Uredo glumarum*.

Dans aucun de ces deux cas les plantes malades n'étaient séparées des plantes saines par un espace de plus de 1 mètre à 1 mètre et demi. Quelquefois la distance entre des pieds malades et des pieds indemnes d'espèces très congénères — si congénères même qu'il ne peut que nous surprendre beaucoup de les trouver aussi inégalement envahies — est encore moins considérable. Dans ce qui suit nous allons en citer quelques exemples.

Dans le jardin botanique de Bergielund, il y avait, le 8 septembre 1896, deux numéros du *Poa cæsia*. L'un résultait de graines, venues de Zurich (semées le 22 mai 1893), et était très gravement envahi (degré 4) par l'*Uredo poarum*. L'autre provenait de graines, reçues de Paris (semées le jour nommé tout à l'heure), et se montrait assez gravement (degré 3) attaqué par la même forme de rouille. En même temps, un troisième numéro, portant du *Poa alpina* et ensemencé le même jour que les deux autres avec des graines reçues de Kiel, ne portait point cette forme d'Uredo, mais en revanche une autre forme d'Uredo qui différait de celle-là par son apparence extérieure aussi bien que par sa structure interne. C'est que cette dernière forme, qui n'a pas encore été décrite dans la littérature, avait des pustules plus allongées, des spores d'une forme ovale et, qu'en outre, elle manquait de paraphyses.

Un cas ressemblant, où il est pourtant question d'une distance plus considérable, fut observé dans le jardin de Bergielund, le 28 juillet 1897. Une parcelle portant du *Phleum arenarium*, élevé de graines reçues de Nantes (semées le 18 juin 1897), montrait en abondance une forme d'Uredo toute pareille à l'*Uredo Phleipratensis* qui se rencontre sur le *Phleum pratense*. Les pieds, qui n'étaient pas de la hauteur d'un pouce même, portaient, chacun à lui, 3 à 4 feuilles bien courtes, mais vigoureuses et d'un vert grisâtre. Plus bas on voyait encore 1 à 2 feuilles déjà sèches. Sur la ou

les deux feuilles inférieures, qui étaient restées vertes, se trouvaient des pustules à peine ouvertes, 3 à 8 dans 1 à 3 groupes pour chacune des feuilles. Tout près de ce numéro il y en avait un autre portant la même espèce de graminée, mais en ce cas les graines étaient venues de Paris (semées le même jour que celles dont nous venons de parler). Dans ce numéro les pieds étaient moins nombreux et plus frêles et portaient des pustules, mais peut-être moins abondamment que l'autre. A une distance de 5 à 10 mètres de ces deux numéros il y en avait encore un avec du *Phleum pratense*. Dans ce numéro les plantes n'étaient pas très jeunes ; quelques-unes d'elles portaient néanmoins de nouvelles pousses toutes tendres, mais jamais il ne fut possible d'y découvrir une seule trace de rouille.

Je saisis en même temps l'occasion de citer quelques résultats reçus à la suite d'essais de cultures établis en 1899 avec un certain nombre de pieds de Brome, semés à différentes époques dans le jardin d'essais du Champ d'expériences. Les espèces de Brome ayant servi à ces essais ont été les suivantes : le *Bromus arvensis*, race originaire de la Scanie (Bureau de semences, Malmœ) ; le *B. mollis*, deux races, l'une résultant d'une récolte de plantes très malades, faite à Limhamn en Scanie, le 6 juin 1896, l'autre d'une récolte faite au Champ d'expériences le 8 août 1898 ; le *B. secalinus*, une race, provenant de graines récoltées à Bergielund le 12 octobre 1898 ; le *B. macrostachys*, deux races, l'une provenant d'une semence reçue de l'Allemagne (Haage et Schmidt, Erfurt), l'autre d'une telle, récoltée à Bergielund le 8 octobre 1897 ; le *B. brizæformis*, deux races, l'une résultant de graines venues de l'Allemagne (Haage et Schmidt, Erfurt), l'autre de graines récoltées au Champ d'expériences en 1898 ; et le *B. patulus*, une race, provenant d'une récolte faite au Champ d'expériences en 1898. Les semailles ont eu lieu le 19 mai, le 26 mai, le 2 juin, le 9 juin, le 20 juin, le 30 juin et le 10 juillet sur quelques lignes longues de $0^m,50$ à $1^m,50$. Le terrain d'essais où étaient situées ces lignes était d'une longueur de 30 mètres, dans la direction du nord au sud. Bien qu'au commencement il fit très froid et très sec, les plantes devinrent pourtant, en général, grâce à des arrosements successifs, bien vigoureuses. Vers la fin du temps de la végétation elles étaient même toutes touffues et prêtes à endurer le froid d'un hiver.

Les semences diverses furent observées le 9 juin, le 29 juin, le 10 juillet, le 1er août, le 12 août, le 25 août, le 20 octobre et le 4 novembre. Les résultats de ces observations, autant qu'il est question du développement général des plantes et de l'intensité de la rouille brune sur elles, se voient par le tableau XXI (p. 108), où

TABL. XXI. — **Uredo bromina sur des espèces de Bromus semées à différentes époques (1899)**

NUMÉROS des lignes	ESPÈCES DE BROMUS.	JOURS des semailles	DÉVELOPPEMENT DES PLANTES ET INTENSITÉ DE LA ROUILLE. 9 juin.	29 juin.	10 juillet.	1er sept.	12 sept.	25 sept.	20 octob.	4 novemb.
1	Bromus arvensis	19 mai	c. 0	c. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 1	tc. 0	tc. 1 [1]
2	— —	26 mai	. .	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0 [1]
3	— —	2 juin	. .	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 1	tc. 0	tc. 0
4	— —	20 juin	. .	. .	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0 [1]
5	— —	30 juin	. .	. .	. .	tc. 0	ac. 0	c. 0	c. 0	c. 0 [1]
6	— —	10 juill.	. .	. .	. .	c. 0	c. 0	c. 1	c. 0	c. 0
7	— mollis (Limhamn)	19 mai	f. 0	f. 0	c. 0.	c. 0	c. 0	c. 1	c. 0	c. 0
8	— — (Champ d'expériences)	19 mai	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0
9	— —	26 mai	c. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 1	tc. 0	tc. 0
10	— —	9 juin	. .	. .	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0
11	— secalinus (Bergielund)	19 mai	c. 0	c. 0	c [2]. 0	c. 0	c. 0	c [2]. 0		
12	— — (Champ d'expériences)	26 mai	. .	tc. 0	ac. 0	c [2]. 0	c [2]. 0	c 0	c [2]. 0	
13	— macrostachys (Erfurt)	19 mai	f. 0	f. 0	ac. 0	f [3]. 0	f. 0	f. 1	ac [4]. 0	
14	— — —	26 mai	f. 0	ac. 0	ac. 0	c [2]. 0	c. 0	c. 1	c [4]. 0	
15	— — —	2 juin	. .	ac. 0	c. 0	c. 1	c. 1	c. 1	c [4]. 0	c [4]. 0
16	— — (Bergielund)	19 mai	f. 0	f. 0	ac [2]. 0	ac. 0	ac. 0	f. 0	f [4]. 0	
17	— brizœformis (Erfurt)	19 mai	c. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 2	tc. 2	tc. 4
18	— — —	26 mai	ac. 0	ac. 0	c. 0	c. 0	c. 0	tc. 1	tc. 0	tc. 0
19	— —	2 juin	. .	c. 0	tc. 0	tc. 1	tc. 0	tc. 2	tc. 2	tc. 2
20	— —	9 juin	. .	. .	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 2	tc. 2	tc. 4
21	— — Champ d'expériences	19 mai	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0
22	— — —	26 mai	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	tc. 0	tc. 1	tc. 0	tc. 1
23	— — —	20 juin	. .	ac. 0	ac. 0	ac. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 1
24	— — —	30 juin	. .	. .	. .	f. 0	f. 0	ac. 0	c. 0	c. 0
25	— patulus	19 mai	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 1
26	— —	26 mai	c. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 0
27	— —	2 juin	. .	c. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 1	tc. 2	tc. 2	tc. 3
28	— —	9 juin	. .	. .	tc. 0	tc. 0	tc. 0	tc. 1	tc. 2	tc. 4
29	— —	20 juin	. .	. .	ac. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0
30	— —	30 juin	. .	. .	. .	f. 0	f. 0	f. 0	f. 0	f. 1

[1] Traces de l'*Uredo glumarum*. — [2] Monté en épis. — [3] Traces de l'*Uredo graminis* sur une gaine. — [4] Mûr et récolté.

nous distinguons les degrés de développement suivants : *tc* = développement très considérable, *c* = considérable, *ac* = assez considérable, et *f* = faible. L'intensité de la rouille est indiquée de la manière ordinaire, c'est-à-dire avec les chiffres 0, 1, 2, 3 et 4.

En étudiant ce tableau, nous trouvons que toutes les semences des *Bromus arvensis*, *B. mollis*, *B. secalinus* et *B. macrostachys* se tenaient, même bien avant dans l'automne, entièrement ou, au moins, presque entièrement indemnes. On ne pouvait guère découvrir sur elles d'*Uredo bromina* ni d'autres formes de rouille. Ce n'est que pendant quelques-uns des jours où les plantes ont été examinées qu'on a vu des taches de pustules isolées sur l'une ou l'autre semence, mais jamais cela n'a été suivi par une attaque plus grave. Dans les semences des *Bromus brizæformis* et *B. patulus* seulement, la maladie a apparu d'une manière plus destructive.

Un examen superficiel, fait en plein champ, n'est pas assez pour nous donner une connaissance plus détaillée et complète de l'apparition de la rouille brune sur ces dernières semences, et voilà pourquoi nous avons agi de la manière suivante. De chacune de ces semences nous avons pris une assez grande motte contenant une centaine de pieds, nous avons détaché toute plante spéciale et l'avons lavée pour ensuite les examiner toutes dans le laboratoire. Les résultats en furent tels que le montre le tableau XXII (p. 110).

Nous voyons ainsi qu'essentiellement les observations superficielles, faites en plein champ, au sujet de l'apparition et de l'intensité de la rouille dans les diverses semences, ont été vérifiées par ces recherches plus détaillées. Ce n'est qu'une fois que nous remarquons une certaine différence, c'est-à-dire dans les numéros d'essais (18, 21 et 26) où la proportion pour cent des plantes malades s'élève à 2,4 au plus. Dans ces cas-ci on n'avait auparavant (tableau XXI) observé aucune trace de rouille (0), chose qui est pourtant bien excusable.

En comparant ces résultats à ceux qu'on a obtenu les années précédentes, dans des cas pareils, — résultats décrits déjà autre part (Eriksson, XXI, 272), — il faudra avouer que, vus en grand, les résultats positifs sont remarquablement peu nombreux et, en tout cas, toujours bien faibles. On savait par expérience que si l'on sème, au commencement du printemps, des graines d'une espèce de Brome plus disposée à la maladie — nommons parmi de telles espèces toutes celles qui ont été employées dans les essais de la dernière année — les pustules d'Uredo de la rouille brune apparaissent dès l'automne même. Si, au contraire, l'ensemencement a lieu bien avant dans l'été ou à l'automne, ces pustules ne se montrent que

TABLEAU XXII.— **Uredo bromina sur du Bromus brizaeformis et du B. patulus, semés à différentes époques.**
(Le 10 novembre 1899.)

NUMÉROS DES ESSAIS.	GRAMINÉES.	JOURS des semailles.	NOMBRE DES POUSSES EXAMINÉES. Grandes (plus de 3 feuilles). Indemnes.	Nombre.	Rouillées. Feuilles.	Nombre des cas avec degrés d'intensité. 1	2	3	4	Petites (tout au plus 3 feuilles). Indemnes.	Nombre.	Rouillées. Feuilles.	Nombre des cas avec degrés d'intensité. 1	2	3	Pousses rouillées p. 100.
17	Bromus brizaeformis (Erfurt)	19 mai	0	45	1	21	19	5	.	11	47	1	31	15	1	
—	— — —	—	.	.	2	25	19	1	.	.	.	2	27	5	.	
—	— — —	—	.	.	3	22	4	.	.	.	.	.	.	.	.	89,3
—	— —	—	.	.	4	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	
18	— —	26 mai	50	3	1	3	.	.	.	70	0	.	.	.	.	2,4
19	— — —	2 juin	70	32	1	28	4	.	.	80	4	1	3	1	.	
—	— —	—	.	.	2	19	1	.	.	.	.	2	1	.	.	
—	— —	—	.	.	3	2	.	.	.	.	.	1	.	.	.	19,3
20	— — —	9 juin	0	36	1	16	15	5	.	10	61	.	36	25	.	
—	— —	—	.	.	2	15	8	3	.	.	.	2	17	8	.	
—	— —	—	.	.	3	13	4	1	.	.	.	.	.	.	.	90,6
—	— —	—	.	.	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
21	— — (Champ d'expériences).	19 mai	50	1	1	1	.	.	.	50	0	.	.	.	.	1.0
22	— —	26 mai	60	4	1	2	.	.	.	50	0	.	.	.	.	
—	— —	—	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3,5
23	— —	20 juin	70	7	1	5	.	.	.	50	0	.	.	.	.	
—	— — —	—	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5,5
24	— — —	30 juin	50	0	.	.	.	.	.	50	0	.	.	.	.	0
25	— patulus —	19 mai	80	20	1	20	.	.	.	100	0	.	.	.	.	10
26	— — —	26 mai	30	3	1	3	.	.	.	100	0	.	.	.	.	2,3
27	— — —	2 juin	0	53	1	21	20	8	4	49	8	1	31	18	.	
—	— — —	—	.	.	2	27	20	3	.	.	.	2	18	9	.	
—	— — —	—	.	.	3	30	3	.	.	.	.	3	1	.	.	55,4
—	— — —	—	.	.	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
28	— — —	9 juin	0	64	1	32	25	7	.	30	95	1	63	31	1	83,0
—	— — —	—	.	.	2	35	23	1	.	.	.	2	46	3	.	
—	— — —	—	.	.	3	23	.	.	.	.	.	3	1	.	.	
29	— — —	20 juin	60	0	.	.	.	.	.	100	0	.	.	.	.	0
30	— — —	30 juin	25	10	1	7	3	.	.	25	20	1	13	3	.	
—	— — —	—	.	.	2	5	1	1	.	.	.	2	12	.	.	3.7
—	— — —	—	.	.	3	1	.	.	.	.	.	3	11	.	.	

dès l'année suivante. En conformité, on aurait aussi dû trouver, en septembre et en octobre, toutes les semailles du 19 mai, du 26 mai et du 2 juin, au moins, assez gravement envahies par la maladie.

Que dans la plupart des espèces on n'ait pourtant pas pu observer une apparition de maladie très considérable, c'est là une chose certainement due à ce qu'au commencement de l'été 1899 (comp. le tableau V, plus haut), il pleuvait très peu et faisait excessivement froid. Sans doute, ces anomalies avaient diminué l'influence du parasite. C'est en première ligne à cause de ces conditions météorologiques anormales que, pendant l'année en question, les champignons de la rouille — nous pourrions même dire les champignons parasites en général — ont apparu en Suède si rarement sur les plantes cultivées et sauvages. Le Chiendent même qui, autre part, porte toujours de la rouille noire en abondance, restait cette année-là au Champ d'expériences assez souvent tout indemne. Il est évident que si la supposition de tout à l'heure est justifiée, ce sera surtout sur les premières semailles que vont se montrer les effets des conditions météorologiques curieuses, car c'est donc celles-là seules qui pourraient porter de la rouille la même année. C'est que la période d'accroissement critique de ces semailles tombait justement au commencement de l'été.

Qu'en dépit de cette température défavorable la rouille ait, en certains cas, — c'est-à-dire lorsqu'il est question du *Bromus brizæformis* (venant d'Erfurt) et du *B. patulus*, — apparu dans une abondance à la fin très considérable, au moins dans les troisième et quatrième semailles, c'est là une circonstance qui prouve que la faculté de résister à ces conditions défavorables que possède le champignon est plus grande dans ces espèces-ci que dans les autres. Cette supposition n'est pas en elle-même absurde, au contraire elle s'accorde bien avec d'autres cas où l'on a observé une vitalité inégale dans la même espèce de champignon suivant qu'elle a vécu sur l'une ou sur l'autre espèce de plante nourricière (Eriksson, XV, 306).

Si nous n'allons pas plus loin qu'à une comparaison entre les différentes semences de l'année 1899, au point de vue de l'apparition et de l'intensité de la rouille sur elles, il y a une chose bien curieuse qui se présente à notre vue et qui ne peut que nous surprendre. Côte à côte nous trouvons des rangées de plantes rouillées et de plantes indemnes, et cela bien que les espèces de Brome, cultivées sur toutes ces rangées, soient à regarder — chose que nous savons déjà par expérience — comme très disposées à la rouille brune et que les uredospores de cette forme de rouille germent en général très facilement.

Les cultures qui ont été faites en deux parties différentes du jardin d'essais ont surtout présenté des différences remarquables à ce point de vue. A l'un de ces deux endroits (fig. 1), il y avait à triple rang, l'un séparé de l'autre par 20 centimètres, 5 semences de Brome. Sur l'une d'elles, le *b* (*Bromus brizæformis*, originaire d'Erfurt), l'intensité de la rouille pouvait être fixée, le 25 août et le 20 octobre, au degré 2, et le 4 novembre, au degré 4. Cette semence-ci était entourée de 4 autres, les *a* (*B. patulus*) et *c* (*B. arvensis*), toutes deux rouillées (degré 1), les *d* (*B. brizæformis*, originaire du Champ d'expériences) et *e* (*B. macrostachys*) restées indemnes pendant tout l'été aussi bien que pendant l'automne.

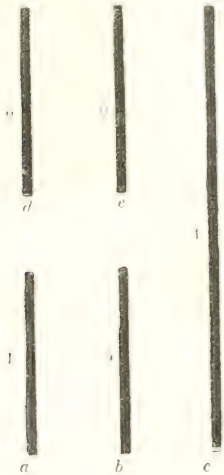


Fig. 1. — Plan de la situation réciproque des cinq semences de Brome, l'été 1899. — *a* (correspondant au numéro d'essais 25 du tableau XXI), *Bromus patulus*; *b* (nº 17), *B. brizæformis*; *c* (nº 1) *B. arvensis*; *d* (nº 21), *B. brizæformis*; *e* (nº 13), *B. macrostachys*. Tous semés le 19 mai. Le degré d'intensité définitif est indiqué par le chiffre qui se voit auprès de chaque ligne.

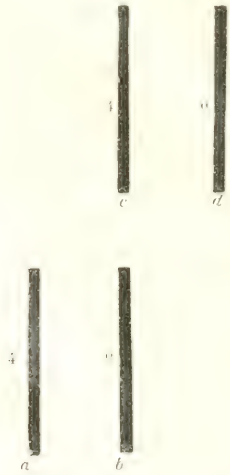


Fig. 2. — Plan de la situation réciproque de quatre semences de Brome, l'été 1899. — *a* (correspondant au numéro d'essais 20 du tableau XXI), *Bromus brizæformis*; *b* (nº 10), *B. mollis*; *c* (nº 28), *B. patulus*; *d* (nº 6), *B. arvensis*. Les *a*, *b* et *c*, semés le 9 juin, le *d* le 10 juillet. Le degré d'intensité définitif est indiqué par le chiffre qui se voit auprès de chaque ligne.

Comment est-il bien possible de garder, avec de tels faits devant les yeux, l'opinion généralement répandue, disant que l'apparition et la propagation continuée de la maladie sont toujours dues à des interventions de matières contagieuses du dehors, et comment peut-on ensuite repousser l'idée d'un germe interne vivant dans la plante nourricière elle-même, comme la source principale de la maladie ? Il s'agit ici de distances de moins de 1 mètre.

Sur des pailles de Chiendent poussant à différentes distances d'un bocage d'Épine-Vinette, envahi par la forme de rouille noire (f. sp. *Secalis*) qui attaque le Chiendent, nous avons observé, l'été 1894, une localisation inégale des pustules de la rouille noire (Eriksson, V, 519). Cela nous a fait soupçonner qu'il y a à côté de la source extérieure une origine interne de maladie. Sur les pieds qui poussaient tout près des buissons d'Épine-Vinette et n'en étaient éloignés que par une distance de 10 mètres, les pustules d'Uredo commençaient par apparaître sur les limbes des feuilles. En général c'est sur les gaines de cette Graminée que les pustules d'Uredo de la rouille noire apparaissent le plus abondamment, peut-être même exclusivement, mais en ce cas celles-ci ne portaient de telles pustules qu'au bout de quinze jours encore. Quand il est question de pieds de cette même Graminée, éloignés du bocage en question par 25 mètres ou par un espace encore plus considérable, les choses se sont présentées d'une tout autre manière. En ce dernier cas il n'y a guère eu de pustules que sur les gaines, et elles ont commencé à apparaître en même temps que les premières traces de la même forme de rouille se montraient sur les gaines des pieds poussant tout au voisinage de l'Épine-Vinette. On a de la difficulté à comprendre cette localisation du champignon, si l'on ne veut pas supposer que les seules pustules dont l'origine soit à chercher dans les buissons d'Épine-Vinette sont celles qui apparaissent déjà de très bonne heure sur les limbes des feuilles, se trouvant au voisinage immédiat du bocage, et que les pustules qui un peu plus tard se rencontrent sur les gaines — en commençant par les pieds vigoureux — sont provenues d'un germe interne de maladie. Ou bien ce germe a vécu pendant tout l'hiver dans les tissus de la paille ou pour mieux dire du rhizome, ou bien il y a pénétré à l'aide de téleutospores germant au printemps.

Quelquefois on n'a pas pu se servir très bien des idées généralement répandues pour expliquer l'intensité de la rouille tout inégale dans de différents pieds d'une même espèce de plante nourricière prédisposée à une certaine forme d'*Æcidium*. L'apparition de l'*Æcidium Berberidis* sur le *Mahonia aquifolium* au Champ d'expériences, l'été 1893, pourra nous en servir d'exemple. A cette place on en cultive, depuis bien des années, des milliers d'exemplaires, en partie en couches, en partie pour en garnir les sentiers d'un Arboretum, et tous les ans on trouve les fruits de cette plante plus ou moins abondamment envahis d'æcidies.

En 1893, nous trouvâmes, le 2 juillet, dans cet Arboretum, dont nous venons de parler, quelques fruits de Mahonia où la rouille commençait justement à apparaître. En général elle ne se montrait que sous

la forme de petites taches jaunes, très peu d'æcidies avaient paru et ceux qui étaient déjà tout développés étaient encore moins nombreux. Le 13 juillet, ainsi au bout de onze jours, les plantes dans cet Arboretum furent examinées de nouveau, et cette fois nous trouvâmes beaucoup de fruits rouillés quoique inégalement distribués à différents pieds et à différents endroits.

A ce point de vue, les choses se montraient surtout très remarquables à un endroit où poussaient deux arbustes bien vigoureux, l'un si près de l'autre que leurs branches se touchaient. Les fruits de l'un de ces deux arbustes étaient presque entièrement pleins d'æcidies, tandis que ceux de l'autre restaient encore parfaitement indemnes et tous verts. Le feuillage de la plante saine était peut-être d'un vert un peu plus sombre que celui de la plante malade, mais sans cela il n'y avait pas de différence entre elles. Dans les régimes malades, la rouille avait en général envahi la plupart des fruits, sinon tous. En coupant un fruit grièvement attaqué, on trouvait généralement à la face intérieure des parois beaucoup d'æcidies assez longs, le plus souvent fermés et abondants surtout vers la base de la cavité du fruit. Quelquefois on apercevait aussi des æcidies sur le placenta, mais sur les grains eux-mêmes nous n'en découvrions jamais. Les æcidies qui se trouvaient sur les parois nommées tout à l'heure ne se montraient ouverts à leurs sommets, qui étaient tournés vers l'intérieur, que dans une phase de maladie très avancée. C'est que cela n'arrivait pas avant que le fruit rouillé, devenu presque parfaitement brun et ratatiné, fût tombé à terre. Ce qui est aussi à remarquer c'est que les grains des fruits rouillés atteignaient un développement parfait même s'ils ne devenaient pas aussi nourris que ceux des fruits sains.

En adoptant les opinions en vogue à l'heure actuelle, on aurait à expliquer les inégalités entre les deux arbustes par ce que la structure de la couche de cellules extérieures aurait été, au point de vue mécanique, différente dans les fruits malades et dans les fruits sains. Ainsi cette différence aurait rendu ceux-là disposés et ceux-ci indisposés à une contagion transmise de téleutospores voisines germant au printemps. Les essais faits dans le but de découvrir à l'aide du microscope une telle différence entre les fruits dans leur phase de développement plus avancée, furent pourtant, comme en général en de tels cas, sans aucun résultat. Le tissu principal comme tous les autres tissus du fruit offraient le même aspect et les mêmes dimensions de cellules et de parois.

Avec raison, nous pouvons aussi demander si les grains de ces fruits malades ne sont vraiment point à craindre ou s'ils ne contiennent

pas plutôt un germe de maladie transmettant la rouille au moyen de plantes à grains, indépendamment d'inoculations de sporidies provenant de Graminées voisines envahies par la rouille. Il se pourrait même que les circonstances que nous venons de signaler — arbuste grièvement envahi tout près d'un autre parfaitement sain — fussent dues à ce que celui-là résultait d'un grain malade, mais celui-ci d'un grain sain.

Dans les cas cités tout à l'heure où l'intensité de la rouille a été bien inégale dans des pieds d'une même espèce de plante ou d'espèces très congénères poussant côte à côte, il a été question de plantes cultivées, en général élevées de grains originaires de différentes localités. En plein champ nous avons observé des conditions toutes semblables, même si les plantes se semaient et se propageaient par elles-mêmes, sans notre intervention.

L'été 1894, un cas pareil fut observé vers la mi-juin, à Borgholm, ville située dans l'île d'Œland. Tout le long d'une route qui mène de la ville à la ruine du vieux château, poussaient des mottes éparses ou des colonies du *Brachypodium silvaticum*. En observant ces mottes et ces colonies de très près, on trouvait que quelques-unes d'elles étaient bien gravement envahies par l'*Uredo Baryi*, tandis que d'autres se montraient toutes saines. Souvent des mottes indemnes se trouvaient tout à côté de mottes malades.

Le 10 septembre 1897, nous avons observé un autre cas semblable en faisant une promenade entre Stockholm et Mœrsta, petite station en Upland. A plusieurs endroits on trouvait au bord de la route de l'*Uredo Poarum*, abondant sur du *Poa pratensis*, et souvent des pieds tout indemnes poussaient tout près d'autres gravement malades.

De telles observations, visant l'apparition et l'intensité de l'*Uredo coronifera* sur le *Festuca elatior*, de l'*Uredo Anthoxanthi* sur l'*Anthoxanthum odoratum* et de l'*Uredo Phlei-pratensis* sur le *Phleum pratense*, ont aussi eu lieu au Champ d'expériences. A Mariehamn, ville située dans l'île d'Auland on a aussi fait des observations sur ce dernier.

c. *Influence des circonstances extérieures sur la faculté germinative des téleutospores.* — Il est bien naturel qu'on ait attribué aux téleutospores des champignons de la rouille une grande importance comme les organes grâce auxquels les champignons peuvent continuer à vivre d'année en année. Surtout on était convaincu qu'il en était ainsi lorsqu'on avait appris qu'il fallait à ces spores un temps de repos de plusieurs mois pour que le pouvoir germinatif s'éveillât, et que cette période tombait pendant l'hiver. Avec le printemps arrivait

l'époque où germaient ces spores, et qu'y avait-il alors de plus naturel que de chercher en elles la source de la réapparition de la maladie au printemps ou au commencement de l'été ? Si simple que cette chose paraisse au premier abord, elle ne l'est point en réalité.

Il est pourtant vrai que c'est le cas pour les téleutospores de la rouille noire. Celles-ci sont ainsi de vraies spores d'hiver qui ne germent qu'au printemps qui suit leur formation pour faire naître alors des pustules d'Æcidium sur l'Épine-Vinette, si cet arbuste pousse au voisinage. Sous peu cette rouille de l'Épine-Vinette, à son tour, donne naissance à de la rouille sur les Graminées voisines, si celles-ci sont d'une espèce à laquelle le champignon en question s'est accommodé et spécialisé pendant les générations précédentes. Mais, ce n'est pas toujours qu'il en est ainsi. Petit à petit on a découvert qu'il y a une quantité de formes de rouille, — hétéroïques et non-hétéroïques, — dont les téleutospores ne sont pas des spores de repos, mais, au contraire, de véritables spores d'automne pouvant germer dès l'automne même où elles ont été formées.

Pour commencer on observa cet état des choses dans les formes de rouille qui attaquent certaines Graminées sauvages. Mais comme les plantes hospitalières étaient en ce cas de très peu d'importance au point de vue pratique et qu'il fût en outre bien difficile de comprendre tout le cycle du développement de ces formes, on est pourtant passé sur ce chapitre aussi légèrement que possible. Enfin, pour ce qui est des formes de la rouille qui attaquent les Céréales, on a été convaincu qu'elles se développent toutes de la même manière que la rouille noire.

A présent il est plus difficile que jamais de se servir de l'opinion actuellement régnante et de la considérer comme justifiée et satisfaisante. Parmi les espèces relativement peu nombreuses qui attaquent les Céréales on a rencontré par exemple le *Puccinia glumarum* sur le Blé et le *P. dispersa* sur le Seigle dont les téleutospores germent dès l'automne même, où elles ont été formées, tandis que ceux du *P. graminis* sur toutes les Céréales, du *P. triticina* sur le Blé, et du *P. coronifera* sur l'Avoine ne germent qu'au printemps qui suit leur formation. On a encore trouvé qu'il n'est pas de très grande importance pour l'existence de l'espèce, si les spores germent pendant l'une ou l'autre saison. Les espèces de champignon dont les téleutospores sont vivaces et celles dont les téleutospores n'hivernent pas se conservent et se plaisent également bien année après année sur des variétés printanières et des variétés automnales (Seigle, Blé, Orge).

Le fait que les téleutospores de ces formes germent à différents mo-

ments quoique en outre le développement en représente de grandes ressemblances, doit faire naître certains doutes quant à la rectitude de l'opinion en vogue. Est-il vraiment possible que ces spores contiennent le seul reste de l'organisme du champignon, que toutes les autres parties en aient terminé leur vie éphémère et soient mortes et que l'existence continuée du champignon dépende de ces spores?

Pendant les dernières années nous avons fait maintes observations pour étudier la faculté germinative des téleutospores. Plus nous avons fait de telles observations, plus il nous a fallu réduire l'importance présumée de ces spores pour le développement des champignons. Ainsi, par exemple, il faut que les téleutospores de certaines formes, comme le *Puccinia graminis*, le *P. triticina*, le *P. coronifera*, etc., passent tout un hiver avant qu'elles puissent germer. En ce cas il n'y a que les spores qui ont été exposées aux circonstances naturelles qui se produisent en hiver (froid, neige, pluie), c'est-à-dire les spores qui par hasard ont été laissées sur les champs, sur les routes, dans les fossés ou à la surface d'un tas de fumier ou d'une meule, qui germent. Une paille rouillée qui a été conservée pendant l'hiver dans l'intérieur d'une maison (dans une grange) ou d'une meule ne constitue aucun danger pour la propagation de la maladie, puisqu'au printemps les spores qu'elle porte ne possèdent pas de pouvoir germinatif.

Il y a encore un fait à remarquer au sujet de la germination de ces téleutospores ayant passé l'hiver et possédant au printemps le pouvoir germinatif, un fait qui diminue encore plus la faculté de propager la maladie : c'est la courte durée de cette faculté (Eriksson, XVIII, 431). En plein champ les spores cessent en général de germer dès le mois de mai. A partir de juin elles ne germent plus et ne peuvent pas ainsi infester la jeune végétation sur pied. Ce qui nous reste encore c'est l'enveloppe vidée de la spore.

Un peu plus longtemps se maintient pourtant la faculté de germer dans les spores d'hiver qui pendant leur époque de germination normale (les mois d'avril et de mai) n'ont pas été exposées à l'influence des conditions (humidité et chaleur) nécessaires à toute germination, c'est-à-dire les spores qui dès le mois d'avril ont été conservées à sec dans l'intérieur d'une maison. S'affaiblissant successivement, la faculté germinative vit dans ces spores jusqu'à la fin du mois de septembre même, mais à partir d'octobre on peut considérer les spores comme mortes et point dangereuses. Les spores récoltées d'une année ne sont ainsi jamais à regarder comme les porteurs de la vie du champignon pour d'autres générations de Céréales que celle qui suit immédiatement, et une récolte de spores bien

médiocre d'une année défavorable à la maladie ne peut point être rachetée par la récolte bien riche d'une année précédente favorable.

Du moins il en est ainsi pour lesformes de la rouille noire qui attaquent l'Avoine, le Seigle et l'Orge. Il paraît que la faculté germinative dure plus longtemps pour la rouille noire du Blé, forme qui même à d'autres points de vue diffère d'avec les autres. C'est qu'on y a observé quelque pouvoir germinatif — il est vrai que celui-ci était bien faible, mais il existait pourtant — même dans les spores qui avaient passé plusieurs hivers (Eriksson, XVIII, 382). Le fait que la faculté germinative s'est maintenue un peu plus longtemps dans ces spores-ci, ne doit pas être d'une importance bien grande au point de vue pratique. Comme nous l'avons dit elle est très faible, et du reste elle n'existe que dans les quelques spores qui, après avoir été exposées au grand air et aux vents pendant le premier hiver, ont ensuite été placées au printemps dans des granges pour y être conservées à sec jusqu'au printemps de l'année suivante.

Dans les téleutospores de la rouille brune du Seigle (*Puccinia dispersa*), spores qui germent en général pendant le mois de septembre l'année même de leur formation, le pouvoir germinatif est tout à fait disparu au printemps suivant, si pendant l'arrière-saison et l'hiver passés les spores ont été conservées dans l'intérieur d'une maison. Par les essais suivants on voit aussi qu'il en est ainsi (Eriksson, XXI, 258). Le 7 septembre 1896 des feuilles de Seigle envahies par la rouille brune furent récoltées pour être conservées ensuite dans le laboratoire jusqu'au 7 novembre, après quoi elles ont été transportées dans le jardin d'essais pour y être laissées pendant l'hiver de 1896 à 1897. Au mois d'avril enfin, elles furent mises à sec dans l'intérieur d'une maison. Le 7 juin, des échantillons de spores résultant de ces feuilles furent placées dans les conditions nécessaires pour germer, mais on n'a obtenu aucun résultat. Au bout de quatre jours et quinze heures même, on ne pouvait découvrir aucune trace de germination, chose qui était certainement due à ce que les spores étaient vidées dès l'automne dernier même.

Pour empêcher les téleutospores de la rouille brune du Seigle d'achever leur germination pendant l'époque où elles germent d'ordinaire, on les met à sec dans l'intérieur d'une maison (grange, laboratoire). Le printemps ou l'été suivant, toutes ces spores sont encore en vie et capables de germer, ce qu'on voit déjà par les essais exécutés pendant les printemps 1892 et 1893 avec de la matière contagieuse récoltée en 1891 et en 1892. Autre part, ces essais ont déjà été décrits (Eriksson et Henning, I, 220). Six à huit mois après la période de germination normale, la faculté germinative vit encore dans ces

spores, même si elle s'est affaiblie successivement. Au bout de ce temps-ci elle n'existe pourtant plus : les spores elles-mêmes sont mortes.

Cette germination des téleutospores qui dépend essentiellement de circonstances extérieures et ce temps de germination qui ne s'élève qu'à un à deux mois et qui dans les cas où l'on cherche, à l'aide de moyens artificiels, à la conserver en vie plus longtemps s'éteint régulièrement après quelques mois même, tout cela constitue une modification assez considérable de l'importance de ces spores comme porteurs de la vie du champignon. Selon les opinions généralement répandues, les téleutospores seraient même les seuls porteurs de la vie du champignon d'année en année, et ce serait-là une limitation qui pourrait être funeste pour toute l'existence du champignon à une certaine localité, si ces spores-ci étaient vraiment les seules qui fussent chargées de cette mission.

d. *Apparition et propagation du Puccinia sessilis sur le Phalaris arundinacea et de l'Æcidium Convallariæ sur le Convallaria majalis.* — A une localité dans le Jardin botanique de Bergielund, il y a au bord d'un fossé une assez grande formation du *Phalaris arundinacea*. Dans cette formation nous remarquâmes, l'automne 1894, en grande abondance des téleutospores d'une forme de rouille qui, à en juger par l'apparence, était le *Puccinia sessilis* dont on a tant parlé dans nos jours. Pour apprendre si cette supposition était justifiée, nous organisâmes, le printemps 1895, un essai d'inoculation sur le *Convallaria majalis* avec de la matière contagieuse qui avait passé l'hiver exposée au grand air et aux vents. L'essai fut exécuté le 19 mai sur 4 jeunes pousses de *Convallaria*, déplantées d'un bocage au Champ d'expériences, où les feuilles de cette plante n'ont jamais, ni tôt, ni tard, montré de traces de rouille. Après vingt et une heures, les spores montraient le plus haut degré de germination. Le nombre des lieux d'inoculation s'élevait à 32, et sur 23 d'entre eux il y avait en abondance au bout de onze à seize jours des spermogonies et au bout de vingt-six jours des æcidies. Évidemment cette rouille était ainsi une forme du *P. sessilis*, c'est-à-dire ou bien le *P. Convallariæ-Digraphidis* (Sopp.) Kleb., ou bien le *P. Smilacearum-Digraphidis* (Sopp.) Kleb. (Klebahn, I, 216). Par conséquent on aurait bien dû trouver quelques traces de rouille sur les nombreux pieds de *Convallaria* qui, dans le jardin de Bergielund, poussaient au voisinage du *Phalaris arundinacea*. Mais il n'en fut pas ainsi. Nulle part, on ne put découvrir dans ce jardin, ni l'été 1895, ni les étés suivants, les moindres traces de la rouille du *Convallaria*.

L'automne 1895, nous avons examiné plusieurs fois les pieds du

Phalaris arundinacea qui poussaient au bord du fossé, mais — et voilà ce qui est curieux — ils sont restés, durant tout l'été, parfaitement indemnes. Il en fut de même dans deux numéros d'essais portant la même Graminée, déplantée au Champ d'expériences. Ces numéros-ci étaient éloignés des pieds, nommés tout à l'heure, par un espace de 20 à 30 mètres.

Les automnes 1896 et 1897, nous n'avons pas examiné les pieds qui poussaient près de ce fossé, car le fait qu'on n'avait trouvé, l'automne 1895, point de rouille sur eux semblait indiquer que le champignon y était déjà mort. Ce ne fut que l'automne 1898, que ces pieds furent par hasard observés encore une fois. Alors nous vîmes, à notre grande surprise, qu'ils portaient de nouveau de la rouille abondante, et selon toute apparence la même que l'automne 1894.

Un grand nombre de pailles rouillées furent récoltées et placées, pendant l'hiver, au dehors de la maison pour servir, au printemps suivant, à des essais, visant en partie la nature biologique de cette forme de champignon, en partie sa faculté de se propager à l'aide du vent. Cette rouille nous paraissait surtout très bonne quand il était question d'essais de cette dernière espèce, puisqu'elle ne se rencontre nulle part aux environs et qu'en outre les pieds de *Convallaria* qui en abondance excessive poussent au Champ d'expériences, dans presque tous les bocages, se sont toujours montrés indemnes.

Les résultats de ces nouveaux essais, ayant pour but d'élucider le pouvoir de cette forme de faire naître sur d'autres plantes nourricières des formations de spermogonies et d'æcidies, se voient sur le tableau ci-contre.

Ces résultats ne font que confirmer et compléter les expériences gagnées en 1895. La forme de champignon dont il est ici question a le pouvoir de se communiquer aux *Convallaria majalis*, *C. polygonatum* et *C. verticillata* et en outre aux *Majanthemum bifolium* et *Paris quadrifolia*. Sur ce dernier le champignon a pourtant un temps d'incubation de 2 à 3 fois plus long que sur les autres plantes, et le résultat s'y montre aussi bien faible.

Puisque nous savons ainsi que le champignon a le pouvoir d'attaquer bien grièvement le *Convallaria majalis*, il y a une chose qui doit nous surprendre beaucoup. Au printemps 1899 nous exécutâmes au Champ d'expériences, avec de la matière contagieuse de la même origine, quelques essais d'inoculation en plein champ sur une végétation de *Convallaria* bien abondante. Mais ni l'intensité, ni l'abondance de la maladie n'y fut bien remarquable, comme on pourra le voir dans ce qui suit.

TABL. XXIII. — **Essais d'inoculation exécutés avec du Puccinia sessilis, résultant du Phalaris arundinacea (1899).**

INOCULATIONS.		PLANTES INOCULÉES.	FACULTÉ GERMINATIVE de la matière contagieuse.		NOMBRE			RÉSULTATS.				
								+ —	NOMBRE des taches de		TEMPS d'incubation en jours pour les	
NUMÉROS.	JOURS.		Degrés.	Après heures.	Des plantes inoculées.	Des feuilles inoculées.	Des lieux d'inoculation.		Sperm.	Æcid.	Sperm.	Æcid.
1	25 mai.	Convallaria majalis	3	45	5	10	40	+	7	7	13-22	22-23
2	—	— multiflora	—	—	1	7	14	—				
3	—	— verticillata	—	—	4	13	25	+	4	4	22	33
4	—	Smilacina stellata	—	—	1	6	20	—				
5	30 mai.	Convallaria majalis	3	44	3	6	24	+	24	24	9-17	28
6	—	— polygonatum	—	—	2	8	18	+	18	18	—	28-38
7	—	— —	—	—	2	4	9	+	7	7	17-28	—
8	—	— verticillata	—	—	3	15	32	+	32	27	9-28	—
9	—	Smilacina stellata	—	—	1	6	16	—				
10	2 juin.	Convallaria majalis	3	21	3	6	32	+	32	32	13	25
11	—	Paris quadrifolia	—	—	4	16	28	+	3	3[1]	36	36-45
12	—	Majanthemum bifolium	—	—	4	4	10	+	10	10	13	23
13	—	Paris quadrifolia	—	—	4	16	28	(+)	4	.	36	
14	—	Majanthemum bifolium	—	—	5	7	10	+	10	10[2]	13	25

(1) Le 17 juillet les taches étaient très petites, peu saillantes à la face supérieure de la feuille, nettement limitées par les nervures. Résultats bien faibles.
(2) De très bons résultats.

Les essais en question se faisaient dans deux bocages, l'un situé au nord de la maison où se trouve le laboratoire et éloigné de ce bâtiment par quelques milliers de mètres, l'autre se trouvant au sud de la même maison et encore tout près d'elle. Dans le premier de ces bocages, des pailles du *Phalaris arundinacea* envahies de rouille furent liées ensemble en bottes à trois endroits différents où les pieds de *Convallaria* venaient bien dru. Ensuite ces bottes contenant chacune à elle une cinquantaine de pailles, furent attachées aux troncs d'arbustes quelconques. La première (I) de ces trois bottes se trouvait au nord d'une petite clairière, les deux autres étaient dans la lisière de la forêt, l'une (II) donnant sur le sud, l'autre (III) sur l'est. Cette dernière botte était en outre entourée de petits peupliers épars. Dans l'autre bocage deux bottes pareilles, tout envahies de rouille (IV et V), furent placées parmi les pieds de *Convallaria*.

Dans tous ces cas les mottes furent placées dans les bocages le 15 mai. Au bout de deux jours, c'est-à-dire le 17, commençait une période pluvieuse qui durait jusqu'à la fin du mois. Pendant ce temps-ci il tombait dans l'espace de douze jours 43,7 millimètres de pluie, et voilà pourquoi il y avait tout lieu d'attendre un envahissement de rouille très considérable.

Les 5 lieux d'essais furent observés le 15 juin et le 10 juillet. Les résultats des observations dans le bocage le plus éloigné (I-III) sont signalés sur le tableau ci-contre.

Dans le bocage situé tout près du laborotoire, nous ne pouvions au contraire découvrir aucune trace de rouille à aucun des lieux d'inoculation. Tous les pieds de *Convallaria* y restaient parfaitement indemnes.

L'absence parfaite de la rouille dans ce bocage-ci et sa propagation peu considérable dans l'autre, ne se laissent expliquer ni par un défaut de pouvoir germinatif chez les téleutospores du champignon, ni par un manque de prédisposition maladive chez le *Convallaria*. Des essais de germination et d'inoculation, exécutés simultanément avec la même matière contagieuse — essais dont nous avons parlé plus haut — ont montré que sous ces points de vue il n'y avait eu rien à désirer. On ne peut pas non plus chercher la cause de ces résultats remarquables dans ce que, à l'époque où l'inoculation doit avoir eu lieu, les conditions météorologiques auraient été défavorables à une inoculation heureuse. Est-il vraiment ainsi que l'humidité est nécessaire pour que le pouvoir germinatif des spores s'éveille, les conditions météorologiques qui se produisaient cette fois-ci ne peuvent que nous sembler bien favorables. Car pendant les quinze jours qui s'écoulaient après le 15 mai, date où les bottes furent placées

TABL. XXIV. — **Propagation de l'Æcidium Convallariæ autour de bottes du Phalaris arundinacea qui, envahies par le Puccinia sessilis, sont placées dans des forêts (Été 1899).**

NUMÉROS DES ESSAIS.	15 JUIN.						10 JUILLET.							
	a. Dans l'espace de 1 m. autour de la botte.		*b.* En dehors de ce cercle (1 à 5 mètres).		*c.* En dehors de ce cercle (5 à 10 mètres).		*a.* Dans l'espace de 1 m. autour de la botte.		*b.* En dehors de ce cercle (1 à 5 mètres).		*c.* En dehors de ce cercle (5 à 10 mètres).		*d.* En dehors de ce cercle (10 à 15 m.).	
	Nombre des plantes.	Rouille.	Nombre des plantes.	Rouille.	Nombre des plantes.	Rouille.	Nombre des plantes.	Rouille.	Nombre des plantes.	Rouille.	Nombre des plantes.	Rouille.	Nombre des plantes.	Rouille.
I.	Quelques centaines; de la Rouille sur 35 feuilles.....	2	Plusieurs milliers; de faibles traces de Rouille sur 16 feuilles.....	1	Plusieurs centaines; toutes indemnes.....	0	Plusieurs centaines; de la Rouille sur la plupart (75-85 %) des plantes.....	3	*Au nord* : 0. *A l'ouest*: plus. centaines; de la Rouille sur 20 feuilles..... *Au s.-ouest* : plus. cent.; de la Rouille sur 49 f. (25-30 %).. *Au sud*: quelq. centaines; de la R. sur 55 f. (20-25 %)... *Au s.-est*: quelques cent.; de la Rouille sur 105 f. (50 %)... *A l'est* : 50 plantes; de la Rouille s. 8 f.	2 2 2 3 1	*Au nord* : 0. *A l'ouest* : 50 toutes indemnes..... *Au sud* : 500-800; de la R. sur 45 feuilles (5-10 %)..... *Au s.-est* : 50; de la Rouille sur 7 feuilles.. *A l'est* : 0.	0 1 1	*Au nord*: 0. *A l'ouest*: 0. *Au sud* : une centaine; de la Rouille sur 12 f... *A l'est* : 0.	1
II.	Une cent.; de faib. traces de Rouille sur 9 f.	1	Quelques centaines; toutes indemnes.....	0			Une centaine.	1	Quelques cent.	0				
III.	Quelques cent. *Au nord* :..... *A l'ouest* : de la Rouille sur 12 feuilles..... *Au sud* :..... *A l'est* : de la Rouille sur 40 feuilles.....	0 2 0 3	Plus. milliers. *Au nord* : 0. *A l'ouest* :.... *Au sud* : 0. *A l'est* : de la Rouille sur 12 feuilles.....	0 1	Une centaine; toutes indemnes.....	0	Quelques cent. *Au nord* :.... *A l'ouest* :.... *Au sud* :..... *A l'est* : de la Rouille s. 95 % des feuilles...	2 2 1 4	Plusieurs milliers. *Au nord* : 0. *A l'ouest* : de la Rouille sur 5 % de feuilles..... *Au sud* : 0. *A l'est* : de la R. sur 70-80 % de feuilles.....	1 3	Une centaine. De la Rouille sur une plante.	1		

dans les bocages, la pluie était égale aussi bien qu'abondante.

La température excessivement basse qui régnait durant le mois de juin et le peu de pluie qui tombait pendant cette époque-ci auraient peut-être pu exercer une influence restrictive (comparer plus haut p. 43) sur la vitalité du mycélium se développant dans l'intérieur des feuilles malades. Mais ces circonstances seules ne peuvent pas donner une explication satisfaisante de la propagation peu considérable de la rouille sur les pieds de *Convallaria*. Au contraire, il faut certainement regarder cela comme une nouvelle preuve de ce qu'en général on a attribué trop d'importance à la contagion extérieure, lorsqu'il a été question d'expliquer une apparition de rouille bien grave. En même temps on n'a point voulu admettre l'idée d'un germe interne de maladie vivant dans la plante elle-même comme la source de la maladie. Avec la supposition d'un tel germe, portant la vie du champignon d'une période de végétation à l'autre, s'accordent très bien les circonstances, signalées tout à l'heure au sujet des *Phalaris arundinacea* d'où avait été prise la matière contagieuse. En 1894 et en 1898, par exemple, la maladie s'y montrait en grandes abondance et vigueur, tandis que d'autres années, comme par exemple en 1895, on n'y en voyait point. C'est là une chose qui correspond parfaitement à ce qui a été dit plus haut (p. 90) au sujet de la rouille à couronne.

(*A suivre.*)

EXPLICATION DES PLANCHES I ET II

Pl. I. — *Hordeum vulgare*, var. *cornutum*. — Degré de l'intensité de la Rouille dans : *a* (sem. 2 juin), 1 sur les graines, 1 sur les feuilles; *b* (sem. 9 juin), 2 sur les graines, 1 sur les feuilles; *c* (sem. 30 juin), 0 sur les graines, 2 à 3 sur les feuilles; *d* (sem. 10 juillet), 0. — Photographie prise le 24 juillet 1899 (1/3). — (Cf. p. 39, etc.).

Pl. II. — *Hordeum distichum*, var. *decussatum*. — Les *a* (sem. 2 juin), *b* (sem. 9 juin), *c* (sem. 30 juin) et *d* (sem. 10 juillet), tous indemnes. — Photographie prise le 24 juillet 1899 (1/3). — (Cf. p. 39, etc.).

a *b* *d*

Hordeum vulgare var. *cornutum.*

Phototypie Berthaud, Paris

Hordeum distichum var. *decussatum.*

SUR L'ÉVOLUTION

DE

LA CHLOROPHYLLE ET DE L'AMIDON

DANS LA TIGE

DE QUELQUES VÉGÉTAUX LIGNEUX

Par J. D'ARBAUMONT.

(*Suite.*)

TROISIÈME PARTIE

PÉRIODE HIVERNALE

Nous consacrerons cette troisième partie à l'étude de l'amidon et de la chlorophylle pendant l'hiver, en y ajoutant quelques remarques complémentaires sur les modifications qui se produisent, à la même époque, dans la manière d'être apparente ou la constitution propre des substances de diverses sortes, corps figurés ou autres, qui leur sont associées dans l'intimité de la vie cellulaire. En ce faisant, étant donné le parallélisme constant des deux ordres de phénomènes, nous ne croyons pas sortir des bornes naturelles de notre sujet, d'autant plus que cet examen nous fournira l'occasion d'ajouter quelques traits nouveaux à l'ensemble des caractères différentiels des deux sortes de cellules, dont l'étude comparative a fait jusqu'ici et continuera jusqu'à la fin de faire un des principaux objets du présent mémoire.

On commencera par ce qui concerne l'amidon.

CHAPITRE PREMIER

AMIDON

Nous savons que la régression automnale de l'amidon aboutittoujours à la disparition complète de cette substance chez certaines espèces, à une réduction minimum chez certaines autres, état de choses destiné à se maintenir, sauf variations temporaires accidentelles, jusqu'au temps, d'ailleurs assez variable, de la régénération printanière.

C'est donc en deux catégories principales, selon que la régression de l'amidon y est totale ou partielle, qu'étudiées à ce point de vue, un court travail de statistique va nous permettre tout d'abord de répartir nos espèces habituelles. Nous donnerons ensuite la liste de quelques autres espèces chez lesquelles nous avons été à même d'observer également le phénomène de la régression amylacée, pour la plupart aux mois de décembre 1882 et de janvier 1883.

a. *Régression totale.* — J'ai constaté que l'amidon avait complètement disparu de la tige, ou à peu près, aux dates indiquées ou autres voisines, réparties sur plusieurs années, chez les espèces suivantes : Genêt d'Espagne (28 novembre 1892), Staphylier (5 décembre 1891), Lilas, Sureau (15 décembre 1892), Fustet (26 décembre 1885), Frêne (26 décembre 1891), Aucuba, Fusains d'Europe et du Japon (26 décembre 1892), Tilleul (27 décembre 1891), Arbre de Judée (28 décembre 1892), Marronnier, Cassis (28 décembre 1893), Corète du Japon (4 janvier 1893), Buis, Charme (5 janvier 1893), Sumac glabre (6 janvier 1893), Seringa (10 janvier 1893), Chêne vert (12 janvier 1893), Chèvre-feuille (14 janvier 1892), Mahonia, Pêcher (18 janvier 1892), Poirier (février 1891), Gui, Obier, Houx, Lierre, Alaterne.

b. *Régression partielle.* — L'amidon persiste en hiver,

plus ou moins réduit, avec une tendance manifeste à se concentrer dans les régions profondes ou dans les tissus incolores de la tige, chez les espèces suivantes :

Sycomore (22 décembre 1893), Figuier (25 décembre 1891), Baguenaudier (27 décembre 1891), Épine-Vinette (janvier 1891), Poirier (janvier 1892), Noisetier, Orme (4, 5, 6 janvier 1893), Chalef à rameaux réfléchis (12 janvier 1892), Chênes pubescent et pédonculé (12 janvier 1893), Laurier-Tin (13 décembre 1894), Laurier rose (14 décembre 1894), Citronnier (décembre 1894), Vigne-Vierge (décembre-janvier 1884 et 1891), Faux-Ébénier (décembre-janvier 1891 et 1892), Laurier-Cerise (janvier 1894), Rosier (5 janvier 1893), Pommier (7 janvier 1891), Sumac vénéneux, Murier de Kaempfer, Acacia.

Il persiste, au contraire, plus ou moins abondant, dans la plupart des tissus caulinaires restés actifs, chez la Vigne et l'Aristoloche, deux plantes sarmenteuses, les seules que nous ayons vues conserver ainsi, en hiver, la plus grande partie de leur réserve amylacée.

Suit la liste complémentaire annoncée plus haut.

1° Amidon nul, ou en très faible quantité seulement :

Negundo californicum Hook.
Evonymus radicans Sieb. et Zucc.
Rhus elegans Ait.
Gleditschia triacanthos L.
Cytisus Weldenii Visian.
Prunus myrobalana L. (février 1891).
Malus mitis Wall.
Dimorphanthus mandchuricus Maxim.
Viburnum pirifolium Poir.
Forsythia suspensa Vahl.
Ligustrum japonicum Thunb.
Catalpa Bungei A. Meyer.

2° Amidon persistant en proportions très variables, généralement dans les régions profondes de la tige : moelle ou couronne, rayons médullaires ; parfois aussi dans les régions corticales internes :

Liriodendron Tulipifera L.
Citrus triptera Desf.
Acer saccharinum L.
Pavia californica Hort.
Ampelopsis dissecta Carr.
Ceanothus azureus Desf.
Cerasus acida Borkl.
Padus racemosa Spach.
Pirus salicifolia L.
Pirus sinaica Thouin.
Cydonia japonica Pers.
Sorbus Aria Crantz.
Sorbus americana Willd.

Cratægus coccinea L.
Cratægus oxyacantha L.
Amelanchier Botryapium DC.
Hydrangea quercifolia Bartr.
Cornus mas L.
Fraxinus parvifolia Lamk.
Ligustrum ovalifolium Haskrl.
Elæagnus argentea Pursh.
Ulmus americana L.
Broussonetia papyrifera Vent.
Salix capræa L.
Populus nigra L.
Corylus tubulosa Willd.
Fagus sylvatica L.
Quercus alba L.
Quercus tinctoria Willd.

Parmi les espèces énumérées ci-dessus, figurent le Citronnier, le Laurier rose et le Laurier-Tin, plantes retirées en orangerie pendant l'hiver, dans nos climats, et qui, bien que soustraites ainsi aux influences atmosphériques, n'en présentent pas moins des phénomènes de réduction amylacée analogues, quoique dans des proportions parfois plus restreintes, à ceux qu'on observe chez la plupart des végétaux ligneux de pleine terre.

C'est ainsi qu'en novembre et décembre 1894, j'ai vu, chez le Laurier rose, les grains d'amidon diminuer graduellement de grosseur et de nombre dans l'écorce, et surtout dans le bois où il n'y en avait plus trace au 14 décembre. Dès la fin du mois de janvier suivant, ils avaient reparu abondants et volumineux dans tous les tissus actifs de la tige.

Que si, d'une façon générale, les phénomènes de la régression amylacée ont une tendance manifeste à se reproduire tous les ans, avec une régularité relative chez les diverses espèces, — régression totale chez les unes, partielle chez les autres, — il faut bien reconnaître, d'autre part, qu'au point de vue de leur amplitude, ils se trouvent également sous la dépendance des circonstances atmosphériques qui peuvent, d'une année à l'autre, en modifier plus ou moins sensiblement les allures.

Prenons pour exemple l'hiver de 1896-1897, où, par des froids très modérés pour notre région (Côte-d'Or), j'ai pu constater la présence, en janvier, d'une quantité plus ou moins notable d'amidon dans la tige de l'Aucuba, du Buis, du Corète du Japon, du Fusain du Japon et du Seringa,

toutes plantes qui n'en contiennent pas d'ordinaire à cette époque.

De même dans la couronne de l'Arbre de Judée, en janvier 1882, et, chez le Mahonia, le 8 janvier 1893, dans la moelle, les rayons ligneux et les régions internes de l'écorce.

Par une disposition contraire, nous avons vu le Poirier, qui conserve, année commune, une assez grande partie de son amidon en hiver, tout au moins dans les parties profondes de la tige, n'en plus présenter aucune trace, en 1891, vers le milieu de février.

Les variations ne sont pas moins accusées dans ce que je pourrais appeler l'étiage de la statique amylacée des végétaux ligneux, au cours d'une seule et même saison.

En 1891, j'ai vu, chez le Sycomore, le Staphylier et le Marronnier, l'amidon caulinaire passer, dès la fin de septembre, par une phase transitoire de résorption, provoquée par des froids précoces.

Par contre, un relèvement sensible de température faisait, vers le 3 novembre 1894, réapparaître l'amidon en plus grande quantité dans la tige du Frêne, où le travail de réduction nous avait paru déjà très avancé quelques jours auparavant.

Observations analogues chez le Figuier, le Pommier et la Vigne-Vierge au commencement de décembre 1891, à la suite de plusieurs semaines d'un temps très doux (variations diurnes de $+ 4^\circ$ à $+ 10^\circ$), qui avait succédé brusquement aux premières gelées de novembre.

L'influence des variations atmosphériques sur la production de l'amidon est tellement puissante chez certains végétaux, qu'ils peuvent s'en montrer influencés dans des conditions de végétation cependant très défavorables.

C'est ainsi que l'amidon avait beaucoup augmenté, le 26 décembre 1893, dans une branche d'Épine-Vinette, coupée le 18 du même mois, en pleine phase de forte régression, et mise à rafraîchir le pied dans l'eau, à

l'air libre, par une température sensiblement adoucie.

Remarques analogues sur des branches de Faux-Ébénier, de Figuier et de Chèvrefeuille, placées dans les mêmes conditions, aux mois de décembre et de janvier 1893 et 1894.

Il va de soi que la régénération de l'amidon doit être plus assurée et plus rapide encore lorsque la branche d'où il avait plus ou moins disparu, est mise en observation dans une chambre chauffée : Vigne-Vierge (12-23 janvier 1891), Houx (novembre 1893), Figuier (novembre 1892), Sureau, Sumac glabre, etc., etc.

Il faut bien reconnaître d'ailleurs, d'une part, que les influences atmosphériques sont loin d'agir avec une égale intensité sur toutes les espèces, de l'autre, qu'étudiés chez la même espèce, les faits sont loin de se montrer toujours concordants.

Ainsi, du 12 au 30 janvier 1895, l'amidon est encore assez abondant dans une branche de Vigne-Vierge, bien que le thermomètre soit descendu, dans le courant du mois, jusqu'à 8, 10 et 16 degrés sous zéro. Entre ces deux dates, l'amidon se montre en plus grande abondance dans une branche d'Épine-Vinette, coupée fin décembre, et maintenue à l'air libre, qu'il ne l'était alors, dans des conditions de température bien moins rigoureuses.

Comment expliquer ces anomalies? Je ne m'y aventurerai pas, non plus qu'à rechercher, pour chaque espèce, les limites extrêmes où peuvent se trouver enfermés, pendant l'hiver, les phénomènes alternatifs de régression et de régénération partielles de l'amidon.

Des observations précédentes, la seule chose à retenir, c'est que les fonctions nutritives, bien loin de se trouver complètement suspendues à cette époque, chez les végétaux ligneux, continuent de s'y manifester dans des limites variables, comme M. Mer l'avait constaté dès l'année 1876 pour les feuilles hivernantes (1), et, d'une façon plus géné-

(1) M. Mer a reconnu que l'amidon disparaît généralement des feuilles hivernantes vers la fin d'octobre pour n'y reparaître que dans le courant

rale, dans une note communiquée par lui à la Société botanique, trois ans plus tard (1) — et qu'ainsi se trouvent vérifiées par d'autres procédés les conclusions tirées par MM. Van Tieghem et Bonnier (2), de l'étude des échanges gazeux, sur la prétendue vie latente des végétaux en hiver, laquelle n'est, en réalité, qu'une vie ralentie, susceptible d'incessantes modifications.

CHAPITRE II

CHLORITES

Au point de vue de leur évolution hivernale, nous aurons encore à considérer ici deux sortes de chlorites, selon qu'ils se localisent dans les achroocystes (endochlorites), ou dans les cyanocystes (gymnochlorites) de la tige, et nous étudierons successivement les différents phénomènes qui peuvent, à cette époque, modifier les rapports de position et l'état physique de certains de ces organites.

On a remarqué depuis longtemps qu'il est un grand nombre de chlorites dont les rapports de position dans la cavité cellulaire se modifient sensiblement en hiver, avec une tendance souvent très marquée à s'amasser en pelote autour du noyau, pour venir se fixer avec lui contre l'une ou l'autre des parois.

L'étude de ces phénomènes, dont on s'est sans doute trop hâté de généraliser la portée (3), cette étude, dis-je, a été reprise très consciencieusement, en 1875, par M. Kraus, d'après qui les déplacements qu'ils provoquent, variables

de mars, mais qu'elles peuvent cependant en renfermer pendant cette période quand la température s'adoucit. — E. Mer, *De la constitution et des fonctions des feuilles hivernales* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1876, p. 235).

(1) E. Mer, *De la répartition de l'amidon dans les rameaux des plantes ligneuses* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1879, p. XLIX).

(2) *Le Naturaliste*, 1892, p. 21.

(3) Baillon, *Dict. de Bot.*, t. II, p. 15. — Chalon, *Botanique*, p. 35.

d'une plante à l'autre, seraient constants dans la même plante (1).

Pleinement d'accord avec M. Kraus sur l'ensemble de ses observations, le sujet paraîtrait épuisé, et j'aurais tort d'y revenir, si je ne croyais pouvoir tirer de mes propres remarques quelques faits intéressants qui semblent avoir échappé à l'attention de mes prédécesseurs.

Ainsi, je constaterai tout d'abord qu'il ne se produit, en hiver, aucune modification appréciable dans les rapports de position des gymnochlorites. A quelque phase de la période hivernale, et dans quelque espèce qu'on les considère, les chlorites de cette catégorie apparaissent toujours, même par des froids rigoureux, très diversement répartis, comme en été, isolément ou par petits groupes, dans la cavité cellulaire, ce qui nous autorise à les exclure de la première partie de cette étude.

A. Endochlorites. — 1° *Groupement hivernal des endochlorites.* — Parmi les endochlorites eux-mêmes, il en est quelques-uns qui conservent généralement aussi, en hiver, leurs allures estivales, sauf dans les couches profondes de l'écorce, où on les voit souvent s'amasser en pelote. Ce sont : 1° ceux des espèces à feuilles hivernantes en général, si l'on en peut juger par ce qui se passe chez toutes celles que j'ai été à même d'observer : Aucuba, Buis, Citronnier, Fusain du Japon, Gui, Houx, Laurier-Cerise, Laurier-Rose, Laurier-Tin, Lierre, Alaterne, Petit-Houx et Chêne vert; 2° ceux de certaines espèces à écorce verte longtemps persistante, telles que le Jasmin, le Corète du Japon et le Genêt d'Espagne.

Passons maintenant à l'examen des espèces à feuilles caduques qui ne rentrent pas dans cette dernière catégorie.

Le groupement hivernal des endochlorites est d'une observation facile chez le Seringa et le Figuier, où ils se ras-

(1) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1875, R. B., p. 31.

semblent d'ordinaire, autour du noyau central, en une masse compacte entourée d'une mince couche de substance plasmique, et aussi chez d'autres espèces, telles que l'Épine-Vinette, la Vigne-Vierge, le Sumac vénéneux, le Staphylier et le Sureau, où la même couche se prolonge sous forme d'un réseau à filaments ou trabécules plus ou moins déliés, répandus contre les parois et parfois aussi dans l'intérieur de la cavité cellulaire.

Semblable disposition assez habituelle dans les couches corticales profondes de l'Aucuba, du Houx et du Laurier-Cerise, espèces à feuilles persistantes.

Le groupement des endochlorites est tout à la fois plus varié et plus lâche chez l'Acacia, l'Aristoloche, le Faux-Ébénier, l'Arbre de Judée, la Vigne, le Charme, le Fusain d'Europe et le Mûrier de Kaempfer, où on les voit, tantôt rester répandus isolément ou par petits groupes contre les parois des cellules, tantôt se grouper en une masse centrale, parfois accompagnée d'un réseau plus ou moins visible chez les trois dernières espèces.

Chez le Chèvrefeuille ce n'est ordinairement que dans les couches profondes du péricycle mou et dans le liber que les endochlorites se groupent de même en pelote, avec réseau autour du noyau central, leur groupement dans les assises périphériques étant beaucoup plus lâche.

Restent, enfin, la plupart des espèces à tiges franchement tannigères, dont les endochlorites se disposent ordinairement, en hiver, suivant l'un ou l'autre des divers modes que voici :

a. Endochlorites, les uns groupés, dans certaines cellules, autour du noyau central, sans réseau, les autres engagés, avec le noyau, dans une couche plus ou moins épaisse d'une substance hyaline, de même nature que le réseau, et disposée en bordure sur tout le pourtour de la cavité cellulaire, le noyau étant alors généralement refoulé dans un des coins de la cellule. C'est ce qui s'observe communément chez le Noyer, l'Orme, le Sumac glabre, le Fustet, le Cassis et le Groseillier ;

b. Endochlorites, tantôt plus ou moins dispersés dans la cellule, plus souvent engagés dans une couche de bordure, ou, enfin, groupés en masse centrale avec réseau plus ou moins apparent : Sycomore, Frêne, Marronnier, Noisetier, Pêcher, Poirier, Pommier, Rosier, Chênes pédonculé et pubescent, Tilleul, Obier, Lilas et Baguenaudier (ce dernier sans tanin).

A remarquer que, dans ces diverses dispositions, les endochlorites qui viennent à s'engager dans la couche de bordure contre la paroi antérieure des cellules, sont toujours en petit nombre, très pâles, souvent difficiles à distinguer sans réactifs.

Quant à ceux qui s'amassent en pelote autour du noyau, — ce qui peut se produire du reste, même en été, dans les couches internes profondes de certaines espèces, — on fera attention que leur ordre de groupement n'est pas toujours le même.

Ainsi, tandis que chez le Figuier et le Sureau, ces organites, bien qu'étroitement pressés les uns contre les autres, restent néanmoins assez distincts pour conserver toutes les marques apparentes de leur individualité propre, chez l'Épine-Vinette, au contraire, chez le Seringa et surtout chez la Vigne-Vierge, ils contractent souvent entre eux, surtout au moment des grands froids, une adhérence si intime qu'ils ne paraissent plus former alors, au centre de la cellule, qu'une masse homogène d'un vert pâle ou jaunâtre, très finement granuleuse, et dont il devient impossible de distinguer sans réactifs les unités constituantes. On peut employer à cet effet l'alcool à 30°, ou les réactifs iodés ; mais je n'ai eu parfois aussi d'autre moyen de les mettre en évidence, que de traiter les coupes par l'acide sulfurique faible.

Sous l'influence de ce réactif, on voit la masse tout entière se désagréger rapidement et les endochlorites, légèrement gonflés, s'isoler les uns des autres et reparaître sous leur forme normale pendant quelques instants fort

courts et qu'il faut se hâter de saisir au passage, avant leur prompte dissolution finale.

Fréquemment observée dans l'ensemble des régions corticales des espèces ci-dessus énumérées, la soudure plus ou moins intime des endochlorites en une masse centrale d'apparence homogène peut se réaliser aussi sous l'influence du froid, mais localisée d'ordinaire dans les assises corticales profondes seulement, chez un assez grand nombre d'autres végétaux ligneux, parmi lesquels je me bornerai à citer le Sycomore, le Frêne, le Fusain d'Europe et le Marronnier.

2° *Modifications hivernales dans l'orientation de certains endochlorites.* — Outre les changements de position indiqués ci-dessus, dont la plupart des endochlorites peuvent être affectés en hiver, il est un bon nombre de ces organites qui, chez certaines espèces, se laissent, en outre, influencer par le froid dans ce que j'appellerais volontiers leur orientation, c'est-à-dire dans leurs rapports de position avec la surface des parois cellulaires ou du noyau.

En été, cette orientation est presque toujours la même, en ce sens que les endochlorites s'appliquent alors très généralement de face ou à plat contre les parois des cellules, quelle que soit la direction de celles-ci, radiales ou antéro-postérieures, aussi, mais plus rarement, de même contre le noyau.

Il résulte de là que ceux de ces organites qui s'appliquent contre les parois antéro-postérieures affectent, en coupe optique, la figure d'un disque assez régulier, tandis qu'au contact des parois radiales, ils se montrent, de profil, plus ou moins allongés en fuseaux, ce qui en accuse bien nettement la forme généralement lenticulaire.

Le sens de l'orientation est donc ici parallèle aux surfaces de contact.

L'orientation reste la même en hiver chez un assez grand nombre d'espèces, quel qu'y soit d'ailleurs le mode particulier du groupement. Un exemple très net de cette dispo-

sition nous est offert par le Sureau, dont les endochlorites, groupés alors autour du noyau, s'appliquent de face contre lui, non seulement sur sa surface libre regardant le centre de la cellule, mais encore sur la surface opposée, de manière à l'isoler complètement de la paroi postérieure vers le milieu de laquelle il s'est ordinairement fixé.

Il en est de même chez le Cassis (6 février 1884), auquel cas les rares grains isolés qui ne sont pas compris dans le groupement central restent également appliqués de face contre les parois.

Ailleurs on voit, sous l'influence du froid, la plupart des endochlorites d'une même cellule quitter leur orientation normale, en décrivant un quart de révolution sur eux-mêmes, pour se fixer de profil ou par la tranche contre la paroi antérieure ou à la surface du noyau vers lequel ils se sont amassés.

L'orientation est devenue perpendiculaire aux surfaces de contact.

J'ai pu saisir et constater de la façon la plus nette, par l'observation directe, ce phénomène de conversion des endochlorites au début de la période hivernale, chez le Chèvrefeuille (6 novembre, 4 décembre 1893), le Mahonia (17 octobre 1893, 26 novembre 1892), et le Faux-Ébénier (22 novembre 1894).

En même temps ces sortes de chlorites paraissent s'amincir sur les bords, ce qui, après la résorption complète de leur amidon, vus ainsi par la tranche, leur fait prendre l'apparence de minces fuseaux plus ou moins effilés des deux bouts.

Fixés dans cette orientation hivernale, les grains-fuseaux se montrent tantôt isolés, tantôt accolés deux à deux en forme de navette ou de grain de blé, tantôt enfin, empilés les uns sur les autres autour du noyau, à la façon des globules du sang dans les veines.

De cette dernière et très curieuse disposition j'ai trouvé de nombreux exemples dans les couches corticales internes

et moyennes (*lato sensu*), du Houx, du Faux-Ébénier, du Lilas, du Mahonia et du Chèvrefeuille.

Chez le Sycomore et le Staphylier les grains orientés en fuseaux restent plus volontiers isolés, ou diversement répartis dans les mailles du réseau dont il a été question plus haut, et c'est, enfin, dans une grande variété de position : — isolés, accouplés ou disposés en séries, — qu'on les rencontre assez fréquemment dans l'écorce de l'Acacia, de l'Épine-Vinette, du Lierre, du Marronnier, du Mûrier de Kaempfer, de l'Orme, de l'Alaterne, et aussi, mais plus rarement, dans celle de l'Aristoloche, de l'Arbre de Judée, de la Vigne-Vierge, du Pêcher, des Sumacs glabre et vénéneux, du Seringa, de l'Obier et du Sureau.

La résorption de l'amidon chez les endochlorites ainsi orientés présente quelques particularités qui méritent d'être signalées. On voit alors, sur la tranche, leurs granules inclus, d'abord disposés en série moniliforme, disparaître peu à peu de la partie moyenne du fuseau, de telle sorte que celui-ci ne contient plus finalement qu'un seul granule très ténu logé à l'une de ses extrémités, ou parfois deux granules se faisant équilibre aux deux pôles.

Les endochlorites prennent alors pour quelque temps, dans le premier cas, la forme apparente d'un têtard, dans le second cas, celle de ces masses de fer réunies par une tige de même métal, connues en gymnastique sous le nom de haltères.

Enfin, leur résorption achevée, on voit les derniers granules remplacés pendant quelque temps par de très fines gouttelettes d'huile qui se détachent successivement du chlorite pour se répandre dans la cavité cellulaire.

J'ai observé de curieux exemples de cette disposition ultime des granules chez le Chèvrefeuille (22 octobre, 2 décembre 1893), le Lilas et le Mahonia (novembre 1892 et 1893), et, plus particulièrement avec production d'huile, chez le Faux-Ébénier (novembre 1894) et le Houx (18 novembre 1893).

Les endochlorites orientés en fuseaux sont d'une observation assez facile dans l'eau distillée ou l'alcool faible. Pour les bien mettre en évidence par un effet de contraste, on peut, mieux encore, employer les solutions aqueuses de bleu ou de rouge d'aniline qui ne colorent que le contenu des cyanocystes. Ils prennent ainsi un éclat et un relief particuliers.

Lorsque ces mêmes grains sont groupés autour du noyau, l'alcool absolu, avec réactif iodo-ioduré, a, au contraire, pour effet de les réduire en une masse homogène finement granuleuse.

Enfin, fixés par petits groupes ou isolément contre la paroi antérieure des cellules, nous les avons vus, en présence de l'alcool à 45°, reprendre de suite, chez quelques espèces, leur orientation estivale parallèlement au plan de la paroi : Épine-Vinette (30 janvier 1894), Chèvrefeuille, Faux-Ébénier (2 décembre 1895).

Cette façon d'agir de l'alcool semble indiquer que les modifications provoquées par le froid dans les allures des endochlorites ainsi transformés en grains-fuseaux, proviennent bien, en effet, malgré les apparences contraires, d'un changement, non pas dans leur forme, mais dans leurs rapports de position avec le plan des parois. Nous achèverons, du reste, de nous édifier sur ce point par l'étude des mouvements qu'on voit se produire chez ces mêmes organites, soit au cours de l'hiver, par suite d'un relèvement momentané de température, soit lors de la régénération printanière qui les ramène définitivement à leur orientation normale.

3° *Changements de forme.* — Que si l'orientation des grains-fuseaux n'implique, chez ces organites, aucune modification sensible de forme, il n'en est pas de même pour certains endochlorites que l'on voit, en hiver, se courber en croissant, en fer à cheval ou en cornue, se creuser d'une lacune centrale, ou s'amincir en fuseau, prendre, en un mot, le faciès varié de ces sortes de chloroplastides pour lesquels nous avons proposé le nom de grains-paillettes, et

qui se localisaient exclusivement, au premier printemps, on doit s'en souvenir, dans les cyanocystes d'un certain nombre d'espèces.

Nous avons trouvé de bons exemples de ces diverses sortes de modifications dans les achroocystes de l'Épine-Vinette, du Laurier-Cerise, du Mahonia, et aussi, avec prédominance de la forme en grain de blé, dans ceux du Sycomore, du Frêne, du Fusain d'Europe, du Marronnier, de l'Alaterne et de quelques autres.

Dans les couches péricycliques externes du Chèvrefeuille, la plupart des endochlorites se courbent volontiers alors en croissant, et apparaissent tantôt isolés, tantôt emboîtés les uns dans les autres, soit dans le même sens, soit en sens opposé.

Le réactif iodo-ioduré met bien en évidence ces formes dégradées, et l'on peut se servir aussi de la solution aqueuse du bleu violet d'aniline, sans action sur le contenu des cellules où on les observe, pour montrer qu'elles dérivent bien réellement de la catégorie des endochlorites.

L'alcool absolu a sur elles, au contraire, le même effet que sur les grains orientés en fuseaux dans la région nucléaire : altération profonde, au point de les rendre souvent absolument méconnaissables.

Ajoutons que les endochlorites ainsi déformés paraissent s'éteindre, ou deviennent tout au moins indistincts lors de la rénovation printanière, de même que disparaissent, au cours de l'évolution régressive de leurs granules amylacés, la plupart des grains-paillettes propres aux cyanocystes de certaines espèces.

De ces derniers organites je n'ai guère trouvé de traces, en hiver, que chez le Mûrier de Kaempfer, le Lierre et le Laurier-Tin.

Quant aux causes déterminantes des phénomènes de déformation dont il est ici question, je renouvelle l'explication donnée plus haut à propos des grains-paillettes, à savoir : que la fusion de leurs enclaves amylacées provoque

au sein des plastides, dans l'un et l'autre cas, l'apparition de fissures ou de lacunes que la substance albuminoïde fondamentale, incomplètement reconstituée, reste impuissante à combler tout à fait.

A l'appui de cette supposition je citerai ce qui s'observe de la façon la plus nette lors de la résorption de l'amidon d'été dans l'écorce primaire de la Vigne, au moment où cette écorce commence d'entrer en mortification.

On voit alors les endochlorites de cette région, assez volumineux pour la plupart et très chargés d'amidon, une fois celui-ci résorbé, se résoudre de même en paillettes de formes très variées, analogues à celles que nous définissions tout à l'heure : croissant, cornue, lacune centrale, etc. Il est vrai que ces derniers organites ne tardent pas à disparaître, tandis que les autres persistent plus ou moins longtemps dans les parties restées vivantes de l'écorce. Mais ce n'est là qu'une différence accidentelle dans les suites de leur évolution, sans qu'on en puisse rien induire quant aux causes premières des modifications de structure dont ils ont été les uns et les autres également affectés (1).

Les changements de formes qui viennent d'être indiqués n'atteignent, en somme, qu'un petit nombre d'endochlorites. Il en est d'autres, très répandus, au contraire, se traduisant par une diminution plus ou moins sensible de volume, sur lesquels nous ne croyons pas devoir insister ici. Nous y reviendrons plus tard.

4° *Décoloration.* — On sait que les chloroplastides d'un grand nombre d'espèces montrent une tendance manifeste à se décolorer plus ou moins au cours de l'automne, et plus particulièrement dans le temps où s'opère la résorption de de leur amidon. Nous croyons devoir revenir sur l'étude de ce phénomène, commun aux deux sortes de chlorites, mais que nous considérerons plus spécialement chez les endo-

(1) M. Haberlandt a reconnu de même, dans un ordre de faits analogues, que les grains de chlorophylle à amidon, dans la feuille, se détruisent plus facilement que les autres (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1877, R. B., p. 148).

chlorites, parce qu'il y est d'une observation à la fois plus facile et plus instructive.

Il y a lieu de constater tout d'abord qu'il varie singulièrement d'intensité d'une espèce à l'autre, sans que la persistance ou la caducité du feuillage semble exercer à cet égard aucune action appréciable.

Ainsi le pigment chlorophyllien se montre assez stable et sans altération sensible au cours de l'hiver, aussi bien chez certaines plantes à feuilles hivernantes (1) ou à tige verte persistante, telles que l'Aucuba, le Corète du Japon, le Petit-Houx, le Genêt d'Espagne, le Chalef à rameaux réfléchis et le Fusain du Japon, que chez des espèces autrement caractérisées, parmi lesquelles nous citerons le Fusain d'Europe, le Marronnier et le Mûrier de Kaempfer.

La décoloration se produit, au contraire, plus ou moins intense, chez beaucoup d'espèces entre lesquelles il n'y a pas lieu de distinguer celles qui rentrent dans la première (Houx, Lierre, Laurier-Rose) ou dans la seconde (Arbre de Judée, Baguenaudier, Poirier, Pommier, Chênes pubescent et pédonculé, Cassis, Groseillier, Vigne) de ces deux catégories.

Aux approches de l'hiver, les endochlorites de ces dernières espèces prennent généralement une teinte d'un vert très pâle, qui se maintient sans modifications apparentes bien sensibles jusqu'à l'époque de la rénovation printanière.

Les endochlorites du Sycomore, du Fustet, du Chèvrefeuille, du Staphylier, du Mahonia, du Tilleul, du Laurier-Cerise et de l'Obier se décolorent aussi en automne, mais avec cette circonstance intéressante qu'ils reprennent un peu plus tard, dans le courant de décembre ou de janvier, une teinte plus intense variant du vert jaunâtre au vert pur.

(1) Aussi M. Mer a-t-il peut-être trop généralisé la portée de ses observations en affirmant, sans aucune réserve, que la chlorophylle des feuilles hivernales est d'un vert plus jaune qu'en été. — E. Mer, *De la constitution et des fonctions des feuilles hivernales* (Bull. Soc. Bot. de Fr., 1876, p. 231).

Chez d'autres endochlorites la décoloration, plus lente à se produire, persiste, au contraire, tout l'hiver avec la même teinte jaunâtre dont il vient d'être question, et s'accuse même parfois encore davantage dans le temps qui précède immédiatement la rénovation printanière. Tels sont ceux de l'Acacia, de l'Aristoloche, de l'Épine-Vinette, de la Vigne-Vierge, du Frêne, de l'Orme, du Pêcher, des Sumacs glabre et vénéneux, du Noyer, du Seringa et du Sureau, et aussi, avec certaines variantes dans l'intensité du phénomène, ceux du Faux-Ébénier, du Lilas et du Charme.

Tantôt la décoloration persiste à peu près la même pendant tout l'hiver, tantôt on voit certains endochlorites reprendre et perdre tour à tour leur coloration normale en même temps que se produisent des relèvements ou des abaissements successifs de température. Ainsi, les endochlorites de l'Obier, complètement décolorés dans les premiers jours de décembre 1892, avaient repris, le 15 du même mois, à la suite d'une hausse thermométrique, une teinte verte assez accusée. — Mêmes oscillations observées chez le Poirier, le Pommier, le Pêcher, le Sycomore, le Sumac glabre, etc.

Les premières manifestations du phénomène de décoloration des endochlorites s'accusent parfois avec une telle intensité chez certaines espèces, que ceux d'entre eux qui restent fixés contre la paroi antérieure des cellules deviennent souvent alors complètement invisibles sans réactif (solution iodo-iodurée) : Obier et Staphylier, (décembre 1892), Faux-Ébénier et Sumac glabre (novembre 1893), Poirier, Pommier, Baguenaudier, etc.

Dans l'eau la présence seule peut alors être soupçonnée de ceux de ces organites qui contiennent encore quelques granules d'amidon en voie de résorption, surtout lorsque, à cette phase ultime de leur évolution régressive, c'est sur ces mêmes granules que vient se fixer temporairement le pigment vert plus ou moins éliminé du reste du plastide,

comme j'en ai trouvé des exemples chez le Lilas et le Chèvrefeuille, en novembre 1893.

La présence ainsi constatée de granules d'amidon verdissant dans des plastides décolorés, au cours de leur régression automnale, nous offre l'exacte contre-partie du phénomène que nous avons vu présider à la formation de certains endochlorites dans de jeunes tiges en voie de croissance, et que nous retrouverons plus tard, lors de la régénération printanière, dans toute l'écorce de certaines espèces ou plus particulièrement dans les couches corticales profondes de beaucoup d'autres.

Il y a lieu, enfin, d'insister sur ce fait que le phénomène de décoloration atteint assez ordinairement son maximum d'intensité au début et à la fin de la période hivernale, d'où la conséquence, qu'influencé, dans une certaine mesure, par un affaiblissement plus ou moins sensible de la puissance irradiante des rayons calorifiques et lumineux, ce même phénomène se trouve, en réalité, plus directement encore sous la dépendance du travail physiologique dont les chloroplastides sont le siège à ces deux époques, lesquelles correspondent, comme on sait, aux deux phases critiques de la résorption automnale et de la régénération printanière de l'amidon.

Peut-être pourrait-on, jusqu'à un certain point, assimiler les chlorites ainsi décolorés aux leucoplastes que M. Belzung a rencontrés dans les parties décolorées des Papilionacées, où ils proviennent, suivant lui, de la régression du corps chlorophyllien (1). Et encore, s'agit-il en pareil cas d'une régression définitive du pigment, tandis que, dans la tige des végétaux ligneux, à quelque degré d'affaiblissement que celui-ci se trouve réduit pendant la période hivernale, il se régénère toujours, chez le plus grand nombre des chlorites tout au moins, au retour du printemps.

Si donc, dans certains cas, la décoloration de ces orga-

(1) *Journ. de Bot.*, 1893, p. V et VI.

nites peut être considérée, d'après les observations de M. Pringsheim (1), comme un processus pathologique entraînant la destruction du pigment vert, lequel, d'après lui, ne serait jamais régénéré, en réalité il n'en serait pas toujours ainsi, cette décoloration pouvant provenir aussi de modifications plus ou moins profondes, mais temporaires, dans le régime biologique de la plante, avec régénération ultérieure du pigment. On sait, d'ailleurs, que de semblables phénomènes peuvent être provoqués aussi en sens contraire par une action trop vive des rayons calorifiques ou lumineux (2).

Pour déterminer l'époque où les endochlorites commencent à prendre leurs allures hivernales, il convient de tenir compte, comme nous l'avons fait précédemment pour la résorption de l'amidon, non seulement des circonstances atmosphériques qui peuvent précipiter ou ralentir le mouvement, ce en quoi il est impossible d'établir des règles fixes, mais encore des prédispositions spécifiques qui, à température égale, peuvent être, au contraire, plus ou moins exactement appréciées chez les diverses espèces.

Ainsi je constatais, en 1891, que, dès le 26 septembre, après plusieurs jours de froids précoces, le mouvement de groupement hivernal de ces organites avait déjà commencé de se produire chez le Marronnier, le Sycomore et le Staphylier; il en était de même deux jours plus tard chez le Charme, et, le 30 du même mois, chez le Fusain d'Europe.

Le 1er novembre suivant, les endochlorites du Sureau, plus ou moins décolorés, étaient tous groupés autour du noyau, tandis que ceux du Lilas gardaient encore, pour la plupart, leurs allures estivales, bien que les achroocystes de cette dernière espèce présentassent dès lors, dans leur con-

1) *Rev. intern. des Sc. biolog.*, 15 octobre 1882, p. 329.

2) Pringsheim, *op. cit.* (Rev. intern., p. 312). — Sachs, *Manuel de physiologie végétale*, trad. franç., 1865, p. 15.

tenu liquide, quelque chose de cet aspect de quasi-opacité qui les caractérise en hiver.

Enfin, à la même date, la concentration des endochlorites s'était déjà opérée à la base d'une jeune branche de Figuier, ceux des entre-nœuds supérieurs restant encore diversement répartis contre les parois des cellules.

De faibles gelées suffirent, en 1884, pour amener en trois jours, du 19 au 22 octobre, la concentration des endochlorites du Sureau que nous retrouvions également amassés en pelote à la même époque et dans des conditions analogues, dix ans plus tard (18 octobre 1894), alors que ceux du Marronnier entraient à peine en mouvement.

Précédée (Obier, Sumac), suivie (Vigne-Vierge, Sureau, Chèvrefeuille, Faux-Ébénier), ou accompagnée de la résorption de leurs granules amylacés, — sans pourtant qu'il y ait à cet égard de règles bien fixes, — on comprend aisément que les causes accélératrices ou retardatrices de l'évolution automnale des endochlorites, — groupement ou orientation, — puissent aussi en modifier temporairement les allures au cours de l'hiver. Et encore ici faut-il tenir compte de certaines anomalies qui viennent quelquefois contredire les prévisions les mieux justifiées.

Après un relèvement sensible de température, succédant à plusieurs jours de gelée, vers le 12 décembre 1893, je constatais, chez le Chèvrefeuille et le Sureau, un retour très accusé des endochlorites à leurs allures estivales.

Le 15 décembre 1891, le thermomètre ayant constamment oscillé, pendant plusieurs semaines, entre + 4° et + 10° (température diurne), j'avais déjà noté un semblable changement chez la Vigne-Vierge, le Lilas et le Staphylier, tandis qu'il ne s'en était produit aucun chez le Faux-Ébénier, l'Épine-Vinette, le Pommier, et même chez le Sureau, bien que cette dernière espèce, ainsi qu'on vient de le voir, et comme elle m'en a fourni plusieurs autres exemples, se montre, en général, plus sensible que beaucoup d'autres à ces sortes d'influences.

Même changement constaté, le 29 janvier de l'année suivante, le thermomètre marquant + 7°, dans le mode de groupement et d'orientation des endochlorites du Lilas.

On peut, du reste, provoquer expérimentalement de semblables modifications dans les allures hivernales des endochlorites, comme nous l'avons fait pour la régénération temporaire de l'amidon, en maintenant pendant quelque temps dans une chambre chauffée, le pied trempant dans l'eau, des branches coupées par des froids plus ou moins rigoureux : Lilas (janvier 1892), Staphylier (décembre 1894), Sureau, Faux-Ébénier (décembre 1893), Frêne (janvier 1891), Charme (janvier 1896).

B. Gymnochlorites. — Nous savons déjà que les gymnochlorites conservent très généralement leurs allures estivales en hiver. C'est ce dont on peut s'assurer en traitant les coupes soit par l'alcool faible (30°) dont l'action décolorante sur le pigment chlorophyllien est toujours assez lente à se produire, soit par l'alcool absolu et le violet de gentiane.

Mais, si les chlorites de cette sorte échappent, à ce point de vue spécial, pendant l'hiver, à toute observation intéressante, on peut les reprendre d'un autre côté.

Les mêmes procédés permettent, en effet, de constater qu'on rencontre, en hiver, en plus grand nombre qu'au printemps, chez certaines espèces, et qu'on rencontre même pour la première fois, chez certaines autres, des cellules de la catégorie des cyanocystes, qui ne contiennent pas de véritables chlorites, ou qu'on les y trouve réduits à un tel état de dégradation qu'on a peine à les distinguer du contenu granuleux, souvent pigmenté de vert et toujours colorable par les couleurs d'aniline, dans lequel ils restent confondus (Sycomore, Arbre de Judée, Charme, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Faux-Ébénier, Figuier, Frêne, Fusain d'Europe, Houx, Corète du Japon, Laurier-Cerise, Lilas, Marronnier, Mûrier de Kaempfer, Noisetier, Orme, Pêcher, Poirier, Pommier, Chalef à rameaux réfléchis, Sumac

glabre, Fustet, Cassis, Groseillier, Rosier, Seringa, Staphylier, Sureau, Tilleul, Obier).

Ce phénomène de dégradation ne nous a paru nulle part aussi accusé que chez la Vigne-Vierge et la Vigne, dont les gymnochlorites se trouvent tous réduits définitivement, au cours de l'hiver, à l'état de petites masses granuleuses peu distinctes.

Ceux du Gui, pour la plupart disposés en fuseaux en été, prennent, en hiver, la forme de petits grains discoïdes mal définis.

Rappelons, enfin, que les grains-paillettes disparaissent également à cette époque, ou deviennent complètement méconnaissables, sauf quelques exceptions signalées plus haut (p. 139).

Que si nous abordons maintenant, au point de vue des phénomènes de diffusibilité, l'étude des gymnochlorites, de beaucoup les plus nombreux, qui échappent à cet état de complète dégradation, il nous sera facile de reconnaître que ceux d'entre eux désignés par nous sous le nom de grains stables (série *A*, n° 1, et n° 2, *pro parte*), continuent assez ordinairement de se montrer aussi résistants à l'action de l'eau en hiver, qu'ils l'étaient auparavant, tandis que cette action paraît souvent plus énergique qu'en été sur la plupart des grains diffusibles de la série *A* n° 2 *pro parte*, et de la série *C*. On la voit même parfois s'exercer jusque sur les grains stables qui peuvent se trouver associés aux grains diffusibles des mêmes séries.

Que l'on mette, par exemple, en expérience, au cours de la période hivernale, les gymnochlorites des Fusains d'Europe et du Japon, de l'Alaterne, du Sycomore ou du Fustet, on voit une sorte de départ s'opérer de suite entre eux, au contact de l'eau, les uns se mettant complètement en diffusion, tandis que les autres, moins résistants qu'en été, se désagrègent en partie et restent alors plus ou moins apparents sous forme de petites masses granuleuses, assez mal définies, à la vérité, mais que le traitement par les

couleurs d'aniline met néanmoins assez bien en évidence.

Quant aux grains franchement spongieux de la série *D*, ils peuvent continuer de se montrer en partie diffusibles dans l'eau, en partie plus ou moins confluents, ou se mettre tous à l'état de diffusion (Aristoloche).

Nous n'insisterons pas davantage sur cet ordre d'observations, nous réservant de les compléter lorsque nous aborderons, au même point de vue, l'étude des phénomènes de la régénération printanière. Nous croyons toutefois devoir donner, dès à présent, quelques indications sur les procédés techniques qu'elles comportent en hiver, vu qu'ils sont absolument les mêmes aux deux époques (1). J'en emprunte spécialement le détail à mes notes sur les gymnochlorites diffusibles du Faux-Ébénier et du Lilas.

1° Coupes fraîches placées dans l'eau : diffusion de la plupart des gymnochlorites dont on ne peut plus trouver de traces appréciables dans la substance granuleuse qui remplit la cavité cellulaire.

2° Coupes placées d'abord dans l'eau, puis dans la solution aqueuse du bleu-violet d'aniline : même diffusion; coloration de tout le contenu granuleux des cyanocystes.

3° Coupes placées dans le bleu-violet d'aniline, sans traitement préalable par l'eau : on distingue fréquemment, se détachant sur le fond granuleux des cyanocystes, de petites masses fort irrégulières, dans lesquelles se reconnaissent les restes de certains gymnochlorites incomplètement désagrégés, le tout assez uniformément coloré par le réactif.

4° Réactif iodo-ioduré : coloration brune plus intense du contenu des cellules granuleuses, y compris les gymnochlorites qui restent généralement plus ou moins intacts.

5° Alcool à 70 ou 95° : action désagrégeante absolument

(1) Ces indications complètent celles données t. XIII, p. 368 et suiv.

nulle sur les gymnochlorites. — Plus faible, l'alcool provoque souvent un léger gonflement des grains, comme je l'ai observé, non seulement chez les deux espèces précitées, mais encore chez l'Aucuba, le Sureau, le Staphylier, le Corète du Japon, etc., etc.

Ajoutons qu'au lieu d'employer l'alcool simultanément avec l'eau distillée pour l'étude des phénomènes de diffusibilité, on peut se servir aussi de l'huile qui a pourtant l'inconvénient d'estomper vaguement le contenu des cellules, ou, mieux encore, lorsque la chose est possible, le suc même de la plante mise en observation. Dans l'un et l'autre cas, il ne se produit aucune diffusion appréciable.

De tout ce qui précède et de quelques-unes des observations qui vont suivre, il résulte clairement que les grains de chlorophylle en général, — endochlorites et gymnochlorites, — subissent, sous l'influence directe ou indirecte du froid, des modifications plus ou moins profondes dans leur manière d'être, leur structure apparente et leur constitution intime, modifications dont les unes ne sont que transitoires, les autres, au contraire, permanentes et définitives.

Modifications transitoires : telle la décoloration plus ou moins accusée dont sont affectés les deux sortes de chlorites chez un grand nombre d'espèces; tels aussi les changements de position ou d'orientation qui ne se produisent, au contraire, le plus souvent que chez les endochlorites des plantes à feuilles caduques.

Modifications permanentes : j'entends par là les altérations de forme et de consistance qui peuvent aller parfois, surtout chez les gymnochlorites, jusqu'à la dissolution complète du plastide, et qui s'accompagnent constamment, chez les chlorites persistants, d'une diminution plus ou moins sensible de volume.

En somme, la dissolution totale n'est jamais que l'exception.

Dès l'année 1873, M. Mer avait reconnu que la disparition de la matière amylacée n'entraîne pas nécessairement la désorganisation ou la destruction des grains de chlorophylle, mais que celle-ci, suffisamment alimentée, reste toujours capable de reprendre ses fonctions (1), d'où il résulte qu'il ne faut accepter que sous les plus expresses réserves et en ne l'appliquant, selon toute vraisemblance, qu'à la chorophylle foliaire, l'affirmation de M. Duchartre, d'après qui le chloroplastide où se sont formés des grains d'amidon composés « devient mucilagineux, diminue et finalement disparaît » (2).

Quant à la réduction de volume que subissent les deux sortes de chlorites à l'entrée de l'hiver et qui reste définitive, elle nous paraît résulter, non pas d'un simple phénomène de contraction provoqué par l'action du froid, mais bien plutôt d'une substitution moléculaire incomplète de la substance chlorophyllienne reconstituée à la substance amylacée disparue (3).

Quel que soit cependant le degré de dégradation auquel puissent descendre certains chlorites en hiver, jamais et dans aucun cas je n'ai pu constater qu'ils fussent tous indistinctement détruits par la gelée dans les tissus caulinaires. Il résulte des observations de M. Haberlandt qu'il en est de même dans les feuilles hivernantes, tandis qu'ils commenceraient à souffrir, suivant le même auteur, de — 4° a — 6°, et seraient même détruits dans les feuilles caduques, lorsque le thermomètre descend à 12° et surtout à 15° sous zéro (4).

(1) E. Mer, *La glycogenèse dans le règne végétal*, 1re partie (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1873, p. 172, note, et 1875, p. 154.

(2) Duchartre, *Elém. de Bot.*, 3e édit., p. 103.

(3) Voir les études de M. Haberlandt sur l'*Influence du froid sur les grains de chlorophylle* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1877, R. B., p. 148, et Duchartre, *Elém. de Bot.*, 3e édit., p. 127).

(4) *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, ibid.

CHAPITRE III

SUBSTANCES DIVERSES, CORPS FIGURÉS OU AUTRES, ASSOCIÉS AUX CHLOROPLASTIDES DANS LA CAVITÉ CELLULAIRE

I. — Contenu granuleux des cyanocystes.

Les gymnochlorites d'un grand nombre d'espèces sont associés, en hiver, dans la cavité des cyanocystes, où nous les savons localisés, à une substance granuleuse grisâtre, ou parfois pigmentée de vert ou de jaune, assez analogue d'apparence à celle qui s'y montrait au début et qui avait, nous le savons déjà, beaucoup diminué ou même en partie disparu au cours de l'été.

Cette substance nous a paru formée, généralement en proportions variables, de particules de nature protéique et de fines gouttelettes d'huile, provenant probablement les unes et les autres, en notable partie tout au moins, de la régression granulo-huileuse, partielle ou totale, d'un certain nombre de corpuscules amylo-protéiques, chlorophylliens ou autres.

Pour s'assurer de la nature propre de ces éléments constitutifs de la substance granuleuse, il suffira de traiter les coupes par l'éther qui dissout les globules huileux, et par l'acide acétique qui les met, au contraire, en évidence, en les fusionnant parfois en gouttelettes plus volumineuses, tandis qu'il détruit ou neutralise le reste du contenu cellulaire, à l'exception des granules d'amidon qui peuvent s'y trouver encore répandus.

On peut employer aussi les couleurs d'aniline et les réactifs iodés, qui agissent énergiquement sur la partie protéique du même contenu. Nous noterons en outre, en passant, sauf à y revenir un peu plus tard, que le perchlorure de fer communique assez ordinairement, chez beaucoup d'espèces,

à l'ensemble du contenu granuleux des cyanocystes, une coloration brune ou noirâtre plus ou moins accusée.

La proportion des particules huileuses ou protéiques, est très variable, avons-nous dit, variable, en effet, d'une espèce à l'autre, ou d'une cellule à l'autre, chez la même espèce, avec prédominence fréquente et parfois exclusive de l'élément protéique.

M. Mer a constaté de même la présence, dans les feuilles hivernantes, de globules oléagineux et d'une substance brune dont il s'est abstenu, du reste, de déterminer la nature (1).

II. — Huile.

Il faut se garder de confondre les fines gouttelettes d'huile, partie intégrante du contenu granuleux dont il vient d'être question, avec les gouttelettes ordinairement plus volumineuses que l'on rencontre en tout temps et surtout plus abondamment en hiver, dans la tige d'un assez grand nombre d'espèces où elles se montrent indifféremment répandues dans les deux sortes de cellules.

Sous cette dernière forme l'huile peut paraître en quantité variable dans toutes les parties de l'écorce, comme on l'observe chez l'Acacia, le Sycomore, le Citronnier, le Fusain d'Europe, le Gui, le Lierre, le Mahonia, le Sumac glabre, le Fustet, le Rosier, le Seringa, le Genêt d'Espagne, le Tilleul, l'Obier, etc., etc., ou se montrer plus abondante dans certaines régions déterminées, telles que la couronne (Cassis), ou le liber (Houx, Buis, Lilas).

Indépendamment de la part contributive prise très probablement par le plasma fondamental à l'élaboration de ces sortes de gouttelettes, il nous semble hors de doute qu'elles peuvent provenir aussi de la dégénérescence huileuse, soit de gros grains d'amidon libres, ainsi que je l'ai constaté, en automne, chez le Laurier-Tin et le Seringa,

(1) *Op. cit.* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1876, p. 232 et 233).

soit de granules de même nature en voie de résorption dans l'intérieur ou sur les bords de leurs plastides formateurs où nous les avons vus, chez les grains-fuseaux (p. 137) se transformer en fines gouttelettes finalement répandues peu à peu dans la cavité cellulaire (1).

III. — Tanin et sucs propres.

Ce troisième paragraphe sera d'abord et principalement consacré à l'exposé de mes observations sur la localisation, en hiver, et sur les réactions des diverses sortes ou variétés de tanin dans la tige des végétaux ligneux, étant donné bien entendu qu'elles porteront uniquement : 1° sur les seules espèces dont l'étude fait l'objet du présent mémoire ; 2° sur des tiges ou jeunes pousses de l'année, négligeant ce qui concerne le vieux bois dans lequel, comme on sait, le tanin finit souvent par se substituer entièrement à l'amidon (2).

Accessoirement et pour faire suite, je compte extraire de mes notes de courtes remarques sur la localisation de certaines substances, de constitution variée, qu'on rencontre dans les tissus caulinaires de quelques autres de nos espèces, et que je désigne pour simplifier sous le nom de *sucs propres*, bien qu'ils n'aient aucun rapport avec les *sucs propres* des laticifères.

A. Répartition du tanin dans les différentes régions caulinaires. — Les substances qui se laissent plus ou moins impressionner par les réactifs ordinaires du tanin : — perchlorure de fer (colorations variées), acétate de perchlorure de fer (coloration noir bleuâtre), et bichromate de

(1) Grains d'amidon transformés en gouttelettes d'huile (Voy. Sachs, *Physiologie végétale*, trad. franç., p. 354). — On sait que l'amidon des pépins et des amandes se transforme aussi en huile, et qu'il en est de même de celui des masses vertes qui, par conjugaison, forment les zygospores des Spirogyres (*Le Micrographe préparateur*, t. II, p. 27).

(2) E. Mer, *Nouvelles recherches sur la formation du bois parfait* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1895, p. 582).

patasse (coloration rouge brunâtre), — ces substances, dis-je, peuvent se trouver constamment et assez uniformément répandues, en hiver, bien qu'en quantités variables :

1° Dans toute l'épaisseur de l'écorce (*lato sensu*), dans tout ou partie de la moelle, dans les rayons, et même parfois dans quelques cellules du parenchyme ligneux (Vigne-Vierge, Charme, Laurier-Tin, Myrsine d'Afrique, Poirier, Chêne pédonculé, Cassis, Groseillier, Rosier, Vigne);

2° Dans l'écorce, dans l'étui médullaire ou couronne (Arbre de Judée, Fusain du Japon, Marronnier), — et, de plus, dans les rayons, et parfois dans quelques autres cellules du cylindre ligneux (Sycomore, Laurier-Cerise, Lilas, Frêne, Noisetier, Noyer, Orme, Pêcher, Sumac glabre, Fustet, Tilleul, Obier).

Les mêmes substances peuvent, au contraire, se localiser beaucoup plus strictement :

1° Dans l'épiderme et dans quelques cellules des couches externes, collenchymateuses ou non, de l'écorce primaire (Houx, Corète du Japon, Laurier-Rose, Lierre, Staphylier, Petit-Houx), — toutes espèces dont le suber se développe tardivement :

2° Dans l'épiderme, dans le suber plus ou moins mortifié, et de plus : — *a.* dans quelques cellules des assises externes de l'écorce primaire (Figuier, Mûrier de Kaempfer) ; — *b.* dans le collenchyme et le liber, chez le Pommier où il est associé à une autre substance dont la réaction un peu différente sera indiquée plus loin ;

3° Dans l'épiderme, ou épiderme et suber, et dans certaines cellules spécialisées de l'écorce primaire (Citronnier), de la couronne et du péricycle (Sureau, Acacia); — Couronne et rayons libériens (Chalef à rameaux réfléchis) ;

4° Chez le Genêt d'Espagne : dans l'épiderme et, de plus, dans l'assise sous-épidermique, avec interruption en face des rayons libériens ;

5° Dans l'épiderme (Aristoloche, Buis, Fusain d'Europe,

Jasmin), et dans les assises externes de l'écorce primaire, à la hauteur des nœuds seulement (Aucuba);

6° Enfin, dans le suber et dans l'écorce mortifiée du Baguenaudier, de l'Épine-Vinette, du Chèvrefeuille, du Mahonia et du Seringa.

De toutes les plantes mises par nous à l'étude, le Gui est la seule où les réactifs du tanin soient restés sans effet en hiver.

Les substances impressionnées par les réactifs du tanin peuvent donc ne se rencontrer, à cette époque, que dans certaines régions déterminées de la tige, avec une tendance marquée à en occuper de préférence les tissus périphériques, ce qui constitue une première sorte de localisation qu'on pourrait désigner sous le nom de localisation tissulaire ou régionale. Mais elle n'est pas la seule.

Il peut se faire aussi que le tanin vienne à se localiser, en tout ou en partie, dans certaines cellules différant des autres par leurs dimensions, leur structure, où même tout simplement par leur ordre de distribution ou de groupement dans l'ensemble des tissus. De là une seconde sorte de localisation, ou localisation cellulaire, dont, quoique bien connus pour la plupart, nous croyons devoir ici rappeler quelques exemples.

Ainsi, on sait depuis longtemps que beaucoup de cellules tannigères se disposent assez souvent, aussi bien dans la moelle que dans l'écorce, en files verticales plus ou moins allongées, leur différenciation provenant uniquement, en pareil cas, de leur mode de groupement.

La différenciation est beaucoup plus accusée chez le Citronnier où le perchlorure de fer n'a d'action, indépendamment de l'épiderme, que sur les cellules de bordure des poches sécrétrices de l'écorce, et chez le Sureau, dont les cellules tannigères spécialisées, souvent décrites (1), très allongées pour la plupart, cloisonnées ou non, avec parois

(1) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2e édit., p. 620. — Chalon, *Botanique*, p. 174.

très minces, sont exclusivement cantonnées dans le péricycle et autour de la moelle, d'où résulte un phénomène de double localisation tout à la fois cellulaire et régionale.

Celles de l'Acacia, localisées dans les mêmes régions et également très allongées à la périphérie de la moelle, se raccourcissent beaucoup dans le voisinage du liber, toutes à parois également minces, souvent flexueuses, et terminées tantôt en pointe, tantôt en cæcum, ou, enfin, superposées en séries verticales.

Chez le Chalef à rameaux réfléchis on ne trouve de tanin que dans la couronne et dans certaines cellules allongées des rayons libériens.

Les cellules tannigères de l'écorce primaire sont très reconnaissables, chez le Fusain du Japon, à leurs plus grandes dimensions et à l'épaisseur de leurs parois.

Dans la moelle du Tilleul, du Fustet, du Cassis et du Groseillier, elles s'identifient avec les cellules plus ou moins spécialisées qui contenaient seules de l'amidon en été.

Semblable identification chez le Rosier, dont les cellules médullaires à tanin et à amidon, plus étroites que les autres, à parois plus épaisses et criblées de ponctuations, forment, en outre, dans la masse du tissu, grâce à de fréquentes anastomoses, un réseau irrégulier, qui a pu être comparé au réseau de certains laticifères.

Les cellules tannigères sont aussi assez généralement disposées en réseau dans la moelle des *Ribes*, et j'ai de plus observé sur quelques échantillons de Cassis (*Ribes nigrum*) une répartition toute particulière, — peut-être anormale ou accidentelle, — du tanin, qui s'y montrait presque exclusivement renfermé dans des sortes de cryptes intercellulaires, à section horizontale étoilée, avec deux ou trois assises de cellules tabulaires disposées en bordure sur les côtés.

Il nous reste, enfin, à étudier certains phénomènes de localisation d'une portée beaucoup plus générale que ceux qui viennent d'être signalés, puisqu'on les retrouve, sans

aucune exception, dans la tige de toutes les espèces franchement tannigères précitées, et qu'ils se rattachent, en outre, d'une façon intime à la distinction capitale précédemment établie entre les deux sortes de cellules. Mais, pour aborder utilement l'examen de ce nouvel ordre de faits, il importe que nous entrions auparavant dans quelques détails sur les réactions caractéristiques des différentes sortes ou variétés de tanin.

B. **Réactions du tanin.** — Nous rappellerons tout d'abord, qu'observé dans l'eau, le contenu des cellules tannigères se présente habituellement, en hiver, comme une masse liquide, amorphe, d'aspect vitreux (1), très généralement incolore, et assez souvent entourée d'une couche pariétale continue, plus ou moins épaisse, d'une substance, également amorphe, que le réactif iodo-ioduré colore en jaune, ainsi que le noyau et la plupart des chlorites qui y sont engagés avec lui.

Au lieu de former une masse unique occupant la plus grande partie de la cavité cellulaire, le tanin peut aussi, mais beaucoup plus rarement, se répartir en deux ou plusieurs masses distinctes, séparées les unes des autres par des traînées d'une substance semblable à celle de la couche de bordure, le noyau demeurant alors ordinairement fixé au centre de la cellule.

Notons, enfin, que la masse unique peut apparaître toute formée dans l'intérieur de la cellule, ou provenir finalement de la fusion de plusieurs petites gouttelettes d'abord indépendantes, comme je l'ai observé notamment chez le Frêne, le Lilas et le Pommier.

Cela dit, nous allons chercher à nous rendre compte de la façon dont le contenu des cellules tannigères se comporte en présence des réactifs et notamment au contact du perchlorure de fer qui seul, en raison des colorations variées qu'il lui communique chez les diverses espèces, permet

(1) Cauvet, *Nouveaux éléments d'histoire naturelle médicale*, 2e édit., t. I, p. 446.

d'entrevoir autant de variétés distinctes dans la série des tanins (1).

La coloration uniforme qu'ils prennent en présence des deux autres réactifs : acétate de peroxyde de fer (noir bleuâtre) et bichromate de potasse (brun rougeâtre), empêche d'arriver à une semblable spécialisation, bien qu'elle puisse utilement servir de contrôle, dans tous les cas où l'emploi du perchlorure pourrait laisser quelque doute sur la véritable nature de la substance considérée.

Pour l'étude et la détermination de ces différentes variétés, nous nous adresserons d'abord à des espèces où le tanin se forme en assez grande abondance pour qu'on puisse en reconnaître aisément la présence (Sycomore, Arbre de Judée, Charme, Noisetier, Noyer, Orme, Pêcher, Poirier, Sumac glabre, Fustet, Cassis, Rosier, Chêne pédonculé, Obier, etc., etc.). Nous aurons ainsi une base fixe pour l'appréciation plus délicate des mêmes phénomènes chez les autres espèces.

Traitées par le perchlorure de fer, on voit s'établir de suite, entre les cellules des divers parenchymes caulinaires des espèces en question, certaines différenciations très caractéristiques qui vont nous permettre de les répartir en quatre séries distinctes :

1° Cellules dont le contenu, souvent plus ou moins granuleux (cyanocystes), ou amorphe (achroocystes), se montre dès lors et restera indéfiniment insensible à l'action du réactif (cellules sans tanin) ;

2° Cellules à contenu granuleux, coloré instantanément : en noir faible chez quelques espèces (Arbre de Judée, Charme, Sumac glabre, Fustet), en brun roussâtre chez beaucoup d'autres (Laurier-Tin, Noisetier, Noyer, Orme, Pêcher, Poirier, Cassis, Groseillier, Rosier, Obier, Vigne, etc., etc.) ; — non observées ou très clairsemées chez : Chêne pédonculé et Sumac vénéneux :

(1) Dehérain, *Traité de Chimie agricole*, p. 245.

3° Cellules de nature mixte, partiellement granuleuses, dont le contenu est immédiatement impressionné par le perchlorure, mais le plus souvent avec une atténuation plus ou moins sensible dans l'intensité de la coloration ;

4° Cellules à contenu bientôt contracté en une masse amorphe, souvent festonnée sur les bords, et parfois creusée de vacuoles, dans laquelle la coloration ne se produit qu'après un séjour plus ou moins prolongé dans le réactif.

Lente ou instantanée, la coloration par le perchlorure du contenu des deux dernières catégories de cellules (n°s 3 et 4) peut varier d'une espèce à l'autre, elle peut n'être pas la même dans les différentes cellules d'une même espèce, ce qui va nous permettre de reconnaître assez aisément, comme il a été dit plus haut, dans la généralité des espèces, les signes apparents caractéristiques des différentes sortes de tanin, ou, — pour ne rien engager à la légère, — des substances qui, uniformément impressionnées en noir bleuâtre ou en rouge brunâtre par les deux autres réactifs habituels du tanin, prennent, au contraire, des colorations variées au contact du perchlorure.

C'est ainsi que nous avons vu ce dernier réactif les colorer :

1° Uniformément (tanin monochrome) :

a. En gris verdâtre (Marronnier, mélange d'*æsculine*?);

b. En brun, brun verdâtre ou grisâtre (Laurier-Tin, Laurier-Cerise, Orme, Pêcher, Poirier, Cassis [parfois bleuâtre au début], Tilleul, Sycomore);

c. En bleu plus ou moins foncé, ou parfois d'abord assez clair, puis passant par oxydation au bleu sombre, bleu noir ou indigo, finalement au vert-brun ou vert-bouteille (Arbre de Judée, Groseillier, Myrsine d'Afrique, Aucuba, cellules spécialisées de l'Acacia);

2° Simultanément (tanin di- ou polychrome) :

a. En brun et en vert brunâtre ou grisâtre (Noyer, Mûrier de Kaempfer, Obier, Fusain du Japon);

b. En brun plus ou moins foncé et en bleu virant au

vert-bouteille (Charme, Noisetier, Sumacs glabre et vénéneux, Fustet, Vigne, Rosier, cellules spécialisées du Sureau);

c. Enfin, en brun, en gris et en bleu virant (Chêne pédonculé).

Ces diverses colorations (1) ont, du reste, une grande tendance, chez beaucoup d'espèces, à se fondre à la longue en une teinte commune et uniforme, mélangée de vert, de bleu et de brun.

La substance contractile que le perchlorure colore en noir ou en brun dans certaines cellules du Laurier-Rose, du Genêt d'Espagne et du Citronnier, ainsi que celle que le même réactif colore en brun dans les assises corticales périphériques du Staphylier, du Figuier, du Corète du Japon et du Lierre, toutes deux également colorables par l'acétate de peroxyde de fer et par le bichromate de potasse, semblent donc rentrer aussi, quoique moins bien caractérisées, dans la série des tanins.

Il est le plus souvent impossible de reconnaître aucune règle particulière dans l'ordre de distribution, parmi les tissus caulinaires de la même espèce, des cellules tannigères à double ou triple coloration. On les voit cependant se localiser parfois dans certaines régions déterminées. Ainsi, chez le Noisetier et le Fustet, elles ne se colorent en bleu que dans la région libérienne, en brun partout ailleurs. Une double coloration se produit de même : en brun noir dans l'étui médullaire du Sumac glabre, de même que dans les canaux sécréteurs du Sumac vénéneux et dans leurs cellules de bordure, en bleu dans les autres régions tannigères de la tige.

Les vacuoles qui se forment quelquefois, avons-nous dit, dans la masse vitreuse contractée par le perchlorure, sont toujours en petit nombre chez la plupart des espèces observées et souvent assez volumineuses. L'apparition de ce phénomène, accidentel et d'intensité variable, doit vrai-

(1) Voir sur les différentes colorations du tanin par le perchlorure, Cauvet, *op. cit.*, t. I, p. 444.

semblablement correspondre à un état assez avancé de dilution ou à une formation incomplète du tanin, dans la cavité des cellules où il vient à se produire. Plus abondant, le tanin se contracte en une masse compacte et homogène.

Il en est autrement des cellules réfringentes du Marronnier dont le contenu, colorable, nous l'avons dit, en gris verdâtre par le perchlorure, se contracte normalement, au contact du réactif, en une masse globuleuse très uniformément et très finement alvéolée. Nous avons vu, d'ailleurs, des formations analogues se produire aussi, quoique d'une façon moins constante, chez quelques autres espèces telles que le Sycomore, le Noisetier, l'Orme et le Cassis.

Chez le Pommier, le perchlorure a une double action, colorant le contenu des cellules réfringentes en brun foncé dans les assises corticales externes et libériennes, où elles se laissent également impressionner par les autres réactifs du tanin, en brun très clair partout ailleurs, — où elles se montrent, au contraire, insensibles à ces mêmes réactifs, — avec réduction du contenu tout entier des cellules en un amas de très fines gouttelettes.

Chez le Frêne et le Lilas, le contenu des mêmes cellules est réduit par le perchlorure en un nombre variable de petites sphères, d'apparence vacuoleuse ou réticulée, que le réactif colore en brun grisâtre (*fraxine*, *syringine?*). Colorations habituelles par l'acétate et le bichromate, sans formation de sphères.

Enfin, chez la Vigne-Vierge et le Laurier-Rose, la contraction provoquée par le perchlorure aboutit également à la formation de petites sphères noirâtres, de formes irrégulières, avec structure squelettique ou réticulée.

Ce qui vient d'être dit touchant l'action colorante du perchlorure sur les diverses sortes de tanin ne s'applique qu'au contenu des cellules vivantes et assimilatrices, ou encore à celui de certaines cellules privées de chlorites et simplement chargées de fonctions spéciales de sécrétion,

telles que les cellules tannigères spécialisées du Sureau et de l'Acacia.

Quant aux cellules mortifiées de l'épiderme et des tissus subéreux en général, — nous sommes en hiver, — l'action du perchlorure ne porte naturellement que sur leurs parois qu'il colore assez uniformément en brun, plus rarement en noir. Nous n'avons observé que dans le suber du Frêne l'apparition, en présence du perchlorure, de gouttelettes brunâtres, plus ou moins volumineuses, analogues à celles qui ont été signalées dans l'écorce du Chêne et du Bouleau (1).

Que penser de la coloration brunâtre ou noirâtre que le perchlorure communique volontiers, comme il a été dit plus haut, au contenu granuleux des cyanocystes d'un grand nombre d'espèces, lequel est formé, nous le savons d'ailleurs, d'un mélange en proportions variables de fines gouttelettes d'huile et de granules de nature protéique ? Faudrait-il y voir un indice de la pénétration du contenu par une substance se rapprochant plus ou moins de la série des tanins ? J'ignore si la question a été examinée, et je n'entends point en aborder ici l'étude. Je me bornerai à constater, à l'appui de ma supposition, mais sans conclusions précises, que ces sortes de cellules se laissent elles-mêmes impressionner, comme les cellules certainement tannigères, quoique d'une façon moins énergique, par les deux autres réactifs du tanin.

Et maintenant, le terrain étant ainsi déblayé, quelques mots sur le phénomène général de localisation cellulaire du tanin dont nous avons dû réserver l'étude.

Nous le ferons en considérant des coupes traitées successivement par la solution aqueuse du bleu-violet d'aniline et par le perchlorure de fer.

Nous reconnaîtrons ainsi :

1. Duchartre, *Élém. de Bot.*, 3e édit., p. 112.

1° Que les cellules dont le contenu granuleux a été plus ou moins vivement impressionné par le bleu-violet d'aniline (cyanocystes) sont demeurées généralement insensibles à l'action subséquente du perchlorure;

2° Que le tanin immédiatement colorable par le perchlorure a presque entièrement disparu des cellules que nous avons qualifiées plus haut de mixtes, dissous vraisemblablement par la solution *aqueuse* du bleu d'aniline qui agit plus ou moins sur le reste de leur contenu;

3° Enfin, que le tanin contractile, lentement colorable par le perchlorure, persiste, au contraire, dans la plupart des cellules sur lesquelles le bleu-violet d'aniline n'a pas eu d'action.

D'où la conclusion que cette sorte de tanin se localise très généralement, et cela, chez toutes les espèces tannigères passées sous nos yeux, dans les cellules que nous rangeons dans la catégorie des achroocystes.

On n'est pas encore bien fixé sur le rôle physiologique du tanin. Voici à cet égard quelques observations qui peuvent avoir leur intérêt.

J'ai cru remarquer que cette substance diminue sensiblement dans les tiges coupées en hiver et maintenues quelque temps le pied trempant dans l'eau, ce qui semble indiquer qu'elle est employée à l'entretien de la vie ralentie de la plante, sans renouvellement possible une fois épuisée, dans le cas exceptionnel que nous considérons ici, par suite d'une insuffisance manifeste dans l'apport ou l'entretien des principes nutritifs.

Si j'ajoute que le tanin m'est surtout apparu abondant en hiver, temps de forte régression amylacée, et, précédemment, dans les jeunes tiges encore peu chargées d'amidon, et que je l'ai vu diminuer, au contraire, lors de la régénération printanière de cette dernière substance, à laquelle il finit par se substituer entièrement dans le vieux bois de beaucoup d'espèces, — de l'ensemble de ces

faits n'est-on pas en droit de conclure que le tanin ne constitue pas un simple produit d'élimination, mais qu'il faut y voir, dans certains cas tout au moins, un véritable aliment de réserve, se substituant, par intervalles, à l'amidon lui-même, dans certaines régions caulinaires, par suite d'une sorte de phénomène plus ou moins prolongé d'alternance dans le rôle alimentaire de ces deux substances (1)?

Il ne nous reste plus, avant de clore ce paragraphe, qu'à faire connaître quelques-unes de nos observations sur certains sucs propres, ou produits de constitution variée, qui présentent des phénomènes de localisation analogues à ceux du tanin, bien que différant de cette dernière substance par l'ensemble de leurs réactions, et notamment en ce qu'ils ne se laissent impressionner ni par le bichromate de potasse, ni par l'acétate de peroxyde de fer.

C'est ainsi que, chez le Faux-Ébénier, on trouve, irrégulièrement répandues dans l'écorce primaire et plus particulièrement au voisinage du suber, des cellules dont le contenu est coloré en jaune-orange par le perchlorure de fer, et forme un précipité brun en se combinant avec les réactifs iodés. Ce sont là, d'après M. Guérin, les réactions de la *cytisine* (2). Or, il est à remarquer que les cellules où ces réactions se produisent ont toutes l'aspect réfringent ou vitreux qui décèle, chez d'autres espèces, la présence du tanin ; que, de plus, ces mêmes cellules ne sont pas colorables par le bleu-violet d'aniline, qu'en un mot elles appartiennent toutes à la catégorie des achroocystes.

J'en dirai autant des cellules réfringentes de l'Alaterne, qui se colorent en brun foncé par l'iode à l'exclusion des autres, et prennent, en présence du perchlorure, une teinte d'un brun clair d'ailleurs très fugitive.

(1) Dans le même sens, voyez Dehérain, *Traité de Chimie agricole*, 1892, p. 248.

(2) P. Guérin, *Recherches sur la localisation de l'anagyrine et de la cytisine* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1895, p. 430).

Chez l'Aristoloche, la substance jaune très réfringente qu'on observe dans certaines cellules longues et étroites, disposées en séries verticales dans toute l'épaisseur de l'écorce primaire, se colore de même en brun par l'iode, en jaune violacé par le perchlorure.

L'Épine-Vinette et le Mahonia donnent lieu à des observations analogues. On constate, en effet, la formation d'un précipité brun foncé, en présence des réactifs iodés, dans les cellules à suc réfringent (achroocystes) de ces deux espèces, tandis que le contenu des cyanocystes y prend une belle couleur jaune d'or. Cette action élective de l'iode se complète par celle du perchlorure qui réduit le contenu des cellules réfringentes, à l'exclusion des autres, en gouttelettes plus ou moins volumineuses, incolores ou faiblement colorées en brun.

Enfin, chez le Buis, l'iode colore de même en brun le contenu des cellules à suc clair, tandis que, sous l'action du perchlorure, il se contracte en une masse vacuoleuse, également teintée de brun, mais dans un ton plus clair.

IV. — Réseau et bordure.

Chez toutes les espèces dont les endochlorites s'amassent en pelote en hiver, on voit alors la masse de ces organites enveloppée d'une couche très mince de substance opaline d'où se détachent, chez beaucoup d'entre elles, un certain nombre de bandelettes, trabécules ou filaments plus ou moins déliés, entraînant parfois avec eux quelques chlorites détachés de la masse, et se répandant, sous forme de réseau, soit contre les parois seulement, soit aussi dans l'intérieur de la cavité cellulaire (1).

Ce réseau peut donc être ou simplement superficiel ou tout à la fois superficiel et solide. Des coupes transversales pratiquées dans l'écorce du Sureau, en décembre 1893,

(1) Réseau souvent peu visible ou ne se manifestant qu'à l'aide des réactifs : iode, fuchsine (Figuier, Fusain d'Europe).

m'ont fourni de bons exemples de cette dernière disposition qui présente une certaine ressemblance avec celle du protoplasme dans les très jeunes cellules, lorsqu'elles commencent à se creuser de vacuoles, — les hydroleucites de M. Van Tieghem.

Ce n'est que très rarement que le tanin des espèces à tige franchement tannigère se distribue en gouttelettes de grosseurs variées dans les mailles d'un réseau solide, tel que celui qui vient d'être décrit. Le plus souvent il s'y résout en une masse unique entourée de toutes parts d'une couche de bordure, de même nature que le réseau lui-même et dans laquelle le noyau et les endochlorites sont diversement engagés (1).

Il peut se faire aussi que le noyau se trouve inclus dans un repli interne de la couche de bordure, formant diaphragme par le travers de la cellule et déliminant ainsi deux cavités tannigères superposées.

Traitée par l'alcool à 30°, nous avons vu la couche de bordure dans laquelle les endochlorites du Lilas se trouvaient engagés en fuseaux, le 23 décembre 1892, se disposer aussitôt en réseau, preuve évidente de l'identité de composition de la bordure et du réseau.

Nous tirerons la même conclusion de ce fait que le réseau et la bordure se comportent exactement de même en présence des réactifs, ce qui va nous permettre, en outre, d'achever de nous édifier sur la véritable nature de leur substance constituante.

Faiblement réfringente, observée dans l'eau, et d'apparence amorphe ou homogène, cette substance, qu'elle appartienne au réseau ou à la bordure, se laisse indifféremment impressionner par le violet d'aniline de Hanstein, le brun Bismarck et le vert de méthyle. Les réactifs iodés la colorent en jaune plus ou moins foncé avec réduction granuleuse (2). Enfin, préalablement traitée par l'alcool absolu, elle fixe

(1) Pour la disposition en réseau ou en bordure suivant les espèces, voir plus haut, p. 132 et suiv.

(2) Sachs, *Hist. de la Bot.*, trad. franç., p. 335.

énergiquement les couleurs d'aniline. Elle présente, en un mot, les réactions caractéristiques des substances plasmiques, d'où la conclusion, comme simple hypothèse, qu'elle pourrait bien provenir de la condensation, sous l'influence du froid, d'une certaine portion du plasma fondamental de la cellule, lequel se maintiendrait partiellement, pendant l'été, à l'état de dilution dans le suc cellulaire, de même qu'il ne cesse d'imprégner en tout temps, d'après les observations de M. Wiesner, la membrane elle-même des cellules vivantes (1). Il importe d'ajouter que, dans les cellules mêmes où il ne se forme ni réseau ni bordure, les endochlorites apparaissent le plus souvent, en hiver, englobés isolément ou par petits groupes, dans une couche mince de semblable substance, ce qui doit achever de fixer nos idées sur la généralité du phénomène, sous des formes variées, dans la catégorie des achroocystes.

Nous n'avons jamais constaté, chez les cyanocystes, la contraction en brodure d'une partie du contenu cellulaire, mais on y observe parfois un réseau très délicat, à mailles plus petites, toujours superficiel, qui ne se dessine parfois nettement qu'à l'aide de certains réactifs, et paraît provenir de la condensation réticulée de granules protéiques tenus en suspension dans le suc cellulaire, ou inclus dans la couche très mince de l'utricule primordial.

Il ne saurait, du reste, y avoir de doute sur la nature protéique du réseau toujours superficiel des cyanocystes puisqu'il se colore, comme le reste du contenu, par les solutions aqueuses des couleurs d'aniline, sans traitement préalable par l'alcool.

On peut obtenir des préparations très suggestives, en traitant successivement les coupes (écorce du Sureau par exemple), par l'iode et le bleu-violet d'aniline, d'où ressort une double coloration, bleue pour le réseau des cyanocystes, jaune pour celui des achroocystes.

(1) *Journ. de Bot.*, 1893, p. 339.

J'ai pu constater la formation plus ou moins fréquente d'un réseau superficiel dans les cyanocystes des espèces suivantes, toutes à double réseau : Aucuba, Sycomore, Épine-Vinette, Charme, Chèvrefeuille, Vigne-Vierge, Laurier-Cerise, Staphylier, Sureau, Tilleul, Noisetier et Rosier, et aussi chez le Figuier, le Gui, le Corète du Japon, le Lierre et le Genêt d'Espagne, bien que les achroocystes de ces dernières espèces ne forment pas de réseau en hiver.

V. — Noyau.

Sous ce titre, nous nous proposons de donner quelques indications sur les modifications de forme et de structure qui, tendant d'assez bonne heure à différencier, chez beaucoup d'espèces, les noyaux des deux sortes de cellules, se fixent au cours de l'été, et deviennent plus facilement appréciables après la disparition totale ou partielle de l'amidon.

Quelques mots d'abord sur les procédés techniques de cette recherche.

Fort bons pour mettre le noyau en évidence dans une cellule quelconque, les procédés habituels : vert de méthyle, fuchsine, réactifs iodés ou solutions aqueuses des couleurs d'aniline après traitement par l'alcool, ces procédés, dis-je, ne sont le plus souvent que d'un faible secours pour l'appréciation des caractères différentiels qu'il s'agit de dégager.

J'en dirai autant de la solution aqueuse du bleu-violet d'aniline, laquelle ne réagit, à la vérité, d'une façon plus ou moins énergique que sur le noyau des cyanocystes, mais en l'estompant sur les bords et sans y mettre en relief aucun détail de structure (Mûrier de Kaempfer, Noisetier, Jasmin, Fusain d'Europe, Aucuba, etc.).

Il faut donc procéder autrement.

J'ai obtenu de bons résultats en traitant successivement

les coupes par le rouge d'aniline en solution aqueuse, le réactif iodo-ioduré et l'acide acétique dilué.

Au bout d'un temps généralement assez court, je constate de la sorte :

1° Que les noyaux se sont tous colorés en rouge vif dans les cyanocystes, en jaune plus ou moins foncé dans les achroocystes ;

2° Que les noyaux de ces dernières cellules ont conservé l'apparence de noyaux vivants à l'état de repos, parfois un peu granuleux, avec nucléole réfringent bien différencié, et que, de plus, lorsqu'ils s'appliquent contre l'une ou l'autre des parois radiales de la cellule, ils y dessinent, en coupe tangentielle, une saillie plus ou moins accusée ;

3° Que les noyaux des cyanocystes, très aplatis et peu distincts, au contraire, vus de profil, se présentent ordinairement, de face, sous forme de petites masses granuleuses, à contours sinueux ou déchiquetés, avec un nucléole mal différencié, parfois réduit à une simple granulation punctiforme, ou même tout à fait nul, — qu'ils offrent, en un mot, le plus souvent, des signes évidents de dégradation ou d'atrophie, ce qui semble exclure toute possibilité d'un retour ultérieur à la vie active ;

4° Qu'il n'est pas rare, enfin, de rencontrer certains cyanocystes où ces restes dégradés du noyau ont eux-mêmes disparu.

De l'ensemble de ces observations, et en les rapprochant de ce qui a été dit plus haut touchant la nature propre du contenu des cyanocystes en général, ne serais-je pas en droit de conclure à une sorte de mortification relative de ces mêmes cellules, restreintes dès lors à de simples fonctions assimilatrices, les noyaux des achroocystes restant seuls capables de se remettre, par la suite, en état de division pour contribuer à l'édification des tissus nouveaux qui permettront à la tige de continuer sans rupture son travail d'accroissement en diamètre.

Tel est le résultat de nos études sur l'évolution comparée

des noyaux des deux sortes de cellules chez la plupart des espèces à feuilles caduques.

L'état de dégradation du noyau des cyanocystes nous a paru généralement beaucoup moins accusé, souvent même sans caractéristique appréciable, chez l'Aucuba, le Citronnier, le Gui, le Houx, le Laurier-Cerise, le Laurier-Tin, le Laurier-Rose, le Fusain du Japon, l'Alaterne, le Petit-Houx et le Sureau. Mais il y a lieu de remarquer que, chez ces diverses espèces, toutes à feuilles persistantes, à l'exception de la dernière, la tige reste assez longtemps verte, — le Sureau aussi excepté, — par suite vraisemblablement d'une plus lente évolution du suber, ce en quoi il faut peut-être chercher la cause de la persistance du noyau de leurs cyanocystes dans son intégrité première.

Chez le Corète du Japon, plante à tige longtemps verte également, mais à développement diamétral très restreint, les noyaux, demeurés en quelque sorte sans emploi, disparaissent, en hiver, d'un certain nombre de cellules et sont remplacés, dans les autres, par une gouttelette unique, très réfringente, assez volumineuse dans les achroocystes, plus petite dans les cyanocystes, et qui se dissout dans l'alcool ou dans l'éther.

En traitant les coupes par l'iode et l'acide acétique dilué, ou encore par le vert de méthyle, ou par le bleu d'aniline, l'iode, l'acide faible et l'alcool, j'ai pu reconnaître, en octobre 1895, les premières marques de cette dégénérescence huileuse des noyaux du Corète, laquelle paraît avoir son point de départ dans l'intimité du nucléole.

Chez le Genêt d'Espagne, — conditions végétatives analogues, — le noyau des cyanocystes n'est plus représenté, en hiver, que par un petit amas granuleux mal défini. Quant à celui des achroocystes, encore bien visible et normalement constitué en octobre, il se résout finalement en une petite masse cristalline, amorphe ou prismatique, et entourée, dans ce dernier cas, de fins granules rayonnants qui se colorent par l'iode et le rouge d'aniline.

Les noyaux du Lilas se présentent sous deux formes différentes, les uns et les autres assez visibles en tout temps, même sans réactifs, et surtout très apparents en hiver.

Observés de face, certains d'entre eux affectent alors une forme discoïde, avec contour net et fond très finement granuleux, sur lequel se détachent des granules plus volumineux, de nombre et de grosseur variables. Ils se colorent au contact des solutions aqueuses du bleu et du rouge d'aniline, de même que le contenu granuleux des cellules où ils se localisent, et qui appartiennent conséquemment à la catégorie des cyanocystes. Le réactif iodo-ioduré y met, en outre, fréquemment en évidence un petit nucléole que les couleurs d'aniline impressionnent plus vivement que le reste de la substance nucléaire.

Quant aux noyaux des achroocystes, examinés dans l'eau ou dans l'huile, ils se montrent formés chacun d'un petit amas de granules incolores, de même réfringence que ceux des noyaux de la première sorte, mais de forme plus régulière, généralement arrondis ou globuleux, et assez intimement unis entre eux, sans qu'on y puisse pourtant distinguer alors la moindre trace d'une enveloppe commune.

Légèrement contractés par l'iodo-iodure de potassium, les granules ainsi associés ne tardent pas, après addition d'une quantité minime de teinture d'iode, à se ramasser en une seule masse de substance réfringente, jaunâtre ou brunâtre, sphérique ou plus souvent ellipsoïde, dont les contours se sont nettement accusés, avec indication plus ou moins vague, par transparence, des granules constituants, sous une couche continue de substance englobante. Les granules peuvent même quelquefois s'effacer complètement, laissant alors apparaître, au centre de la masse, le nucléole demeuré jusque-là invisible.

Absolument semblables au début, la différenciation des deux sortes de noyaux s'accuse assez nettement de très bonne heure. Je l'ai trouvée réalisée, dès le troisième entre-nœud visible d'une jeune pousse en croissance, le 19 avril

1892 ; au neuvième entre-nœud seulement, le 3 mai 1891 ; à la base d'une pousse de $0^{m},04$, le 25 mars 1893.

De forme arrondie, avec un gros nucléole, au moment où il se dégage du plasma ambiant, souvent dès lors visible sans réactifs, beaucoup mieux en présence de l'iode, le noyau des cyanocystes ne tarde pas à perdre cette première apparence, pour passer à l'état granuleux, avec nucléole très réduit, prenant ainsi les allures sous lesquelles il se montre à nous à l'état adulte.

Quant aux noyaux des achroocystes, ils restent beaucoup plus longtemps enfermés dans une couche de plasma visqueux qui se contracte ensuite en devenant plus réfringente, après quoi, on voit la masse tout entière se mamelonner, accusant ainsi la formation, dans son sein, des petits granules qui, finalement, resteront seuls visibles.

Il n'est pas indifférent de noter que ces mêmes granules ne se laissent impressionner par les couleurs d'aniline qu'après traitement par l'alcool, et qu'ils se montrent, au contraire, très sensibles à l'action de l'acide acétique qui les neutralise ou les dissout, selon son degré de concentration.

Nous ajouterons, enfin, qu'ils nous ont toujours paru d'autant plus volumineux et en nombre d'autant plus grand, dans chaque groupe nucléaire considéré isolément, que l'amidon est moins abondant dans la tige. C'est ainsi qu'ils atteignent leur maximum de grosseur dans le temps qui précède immédiatement la formation de l'amidon d'été, et surtout en hiver, après la résorption complète de l'amidon.

Au moment de la plus forte production amylacée, ils diminuent, au contraire, de grosseur et de nombre, et restent plus ou moins confondus dans leur enveloppe diffluente, laquelle se contracte à peine alors, et ne se colore qu'en jaune pâle en présence des réactifs iodés.

Mesuré en hiver, le diamètre des noyaux discoïdes des cyanocystes varie de $9\mu,5$ à $13\mu,3$; les autres, généralement ellipsoïdes ou fusiformes, mesurent, en général,

après contraction par le réactif iodé, de 15μ,2 à 19 μ de longueur sur 5μ,7 à 19 μ de largeur.

J'ai remarqué, chez le Frêne, que le noyau des cellules épidermiques était remplacé de bonne heure par un amas de petits granules globuleux, incolores, semblables à ceux qui viennent d'être décrits dans les achroocystes du Lilas, — deux plantes de la même famille.

Chez l'Obier, le noyau des cellules internes du suber se réduit assez promptement en une petite masse blanche réfringente.

Je borne là mes observations sur ces phénomènes de dégénérescence du noyau, ajoutant qu'il y aurait probablement à en faire de fort intéressantes, dans le même ordre de faits, chez beaucoup d'autres végétaux ligneux.

QUATRIÈME PARTIE

RÉNOVATION PRINTANIÈRE

Cette quatrième et dernière partie sera consacrée à l'étude des phénomènes qui précèdent, accompagnent et suivent immédiatement, dans l'intimité des tissus caulinaires, le retour, au printemps, des marques extérieures de l'activité végétative.

De ces divers phénomènes il n'en est pas de plus important que la rénovation de l'amidon, c'est aussi le premier en date et celui, par conséquent, qui doit tout d'abord fixer notre attention.

Nous examinerons ensuite les modifications parallèles ou consécutives qui se produisent, à la même époque, dans la manière d'être des chlorites et de leur milieu ambiant.

CHAPITRE PREMIER

AMIDON

L'amidon, avons-nous dit, disparaît entièrement ou partiellement, en hiver, de la tige des végétaux ligneux, pour se régénérer au printemps.

Nous avons montré de plus (t. XIII, p. 399 et suiv.), ce en quoi nos observations peuvent concorder avec celles de M. Mer, relativement à la première phase de cette évolution, — régression automnale de l'amidon, — ce en quoi elles en diffèrent.

Avant d'aller plus loin, il convient de rappeler les con-

clusions générales du mémoire déjà cité (*ibid.*, p. 400) de M. Mer, sur l'ensemble des phénomènes alternants de régression et de reconstitution de la substance amylacée, dans le temps qui s'écoule d'un hiver à l'autre (1).

M. Mer y reconnaît cinq phases caractérisées comme suit :

1° Phase hivernale (du 20 décembre au 10 mars). — Vacuité plus ou moins complète. — Premier minimum ;

2° Première phase printanière (du 10 mars au 10 mai). — Réapparition de l'amidon. — Premier maximum ;

3° Seconde phase printanière (du 10 mai au 20 juin). — Disparition de l'amidon. — Second minimum ;

4° Phase estivale (du 20 juin au 20 septembre). — Nouvelle réapparition de l'amidon. — Second maximum ;

5° Phase automnale (du 20 septembre au 20 décembre). — Nouvelle disparition de l'amidon.

Il résulterait, en outre, des observations de M. Mer : 1° qu'en automne, c'est la partie interne du bois qui se vide la première, — formule inexacte dans sa généralité, ainsi que nous l'avons montré plus haut ; — 2° que l'amidon réapparaît, au printemps, dans l'écorce et le liber des rameaux d'un an, avant de se montrer dans les rayons périphériques, et plus tard encore dans les parties médiane et centrale du corps ligneux (2) ; — 3° que c'est également en direction centripète que s'opère la résorption de l'amidon, lors du départ des bourgeons, pour aboutir au second minimum (3).

Ces deux dernières propositions ne doivent être acceptées, comme la première, que sous les plus expresses réserves, et il en est de même des affirmations de M. Mer touchant les dates extrêmes dans lesquelles il enferme les phases successives de la résorption et de la régénération de l'amidon au cours de l'année.

(1) *Op. cit.* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1898, p. 307).
(2) *Ibid.*, p. 304.
(3) *Ibid.*, p. 306.

Il résulte, en effet, de nos propres observations, que les formules de M. Mer sont trop précises et sujettes à de nombreuses exceptions.

Ainsi, en ce qui concerne, par exemple, la date initiale de la réapparition de l'amidon au printemps, il est facile de s'assurer, qu'au lieu d'attendre le milieu de mars, c'est souvent, chez certaines espèces, dans le courant de février, ou même parfois dès la fin de janvier, qu'il commence à se régénérer.

Cette question de date n'a, du reste, je m'empresse de le reconnaître, qu'une importance secondaire ; ce qu'il convient de constater, comme le fait d'ailleurs M. Mer lui-même, c'est que la régénération printanière de l'amidon s'opère constamment à une époque où les bourgeons sont encore le plus souvent absolument inertes, et où conséquemment les cellules de la tige ne peuvent trouver qu'en elles-mêmes ou avec le concours peut-être d'un premier afflux de sève ascendante, la source des modifications importantes dont elles vont être le siège, nouvelle preuve à l'appui des observations de MM. Van Tieghem et Bonnier sur la continuité de la vie simplement ralentie des végétaux ligneux pendant la période du repos hivernal.

A cette phase initiale de la régénération amylacée, succède plus ou moins tôt, suivant les années, mais toujours en coïncidence avec le départ des bourgeons, une période de régression temporaire, qui se produit dans des proportions très variables d'une espèce à l'autre, ainsi que M. Mer le reconnaissait lui-même dès l'année 1879 (1).

(1) E. Mer, *De la répartition de l'amidon dans les rameaux des plantes ligneuses* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1879, p. XLIV et suiv.). — M. Mer combattait alors comme trop absolues les conclusions de MM. Sanio, Hartig et Gris sur la résorption printanière de l'amidon, coïncidant avec la pousse des bourgeons, sans qu'on eût soupçonné jusque-là le phénomène de résorption totale ou partielle de cette même substance dans la tige pendant la période hivernale. En 1892, M. Mer annonçait que, depuis ses premières observations, il avait eu souvent « l'occasion de constater que la disparition de l'amidon pendant l'évolution des pousses s'opère à un degré fort variable suivant les espèces, mais que le plus souvent elle n'est que partielle, même

L'amidon disparaît alors complètement de la tige de certaines espèces, ou s'y trouve momentanément réduit à un nouveau minimum, chez certaines autres, pour réapparaître en plus grande abondance et définitivement cette fois, à des époques également très variables, le plus souvent au moment de la floraison ou peu après.

C'est donc en deux étapes, si je puis ainsi dire, ou en passant par deux phases successives de production, séparées par un intervalle plus ou moins long de régression temporaire, que s'opère, au printemps, le travail de régénération de l'amidon.

Entrons un peu dans le détail des phénomènes, en nous adressant, en premier lieu, à des espèces dont la tige perd ordinairement tout son amidon en hiver.

Voici d'abord quelques indications sur les dates initiales de sa réapparition, — le premier maximum de M. Mer, — dates très variables chez les diverses espèces, et placées, en outre, sous la dépendance des circonstances atmosphériques qui peuvent les modifier sensiblement d'une année à l'autre.

C'est ainsi que je trouve l'amidon en voie de régénération, dès le 17 janvier 1884, chez le Cassis dont la végétation est, comme on le sait, très hâtive; le 29 janvier 1892, chez le Chèvrefeuille; dans les premiers jours de février : en 1885 chez le Staphylier, en 1891 chez le Mahonia, en 1894 chez le Seringa; du 17 au 24 février 1893, chez le Sureau, l'Arbre de Judée et l'Obier; enfin, du 2 au 18 mars de la même année, chez le Fusain d'Europe, le Houx, le Tilleul, le Marronnier et le Pêcher.

La diversité ne va pas nous apparaître moins grande, si nous cherchons à nous rendre compte du processus de la régénération de l'amidon dans les différentes régions caulinaires.

Prenons la tige du Charme, dont j'ai pu constater la

dans les jeunes rameaux ». — E. Mer, *Sur les causes de variation de la densité du bois* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1892, p. 98).

vacuité complète à la date du 5 janvier 1893. L'amidon y reparaît d'abord dans les parties profondes du corps ligneux (29 janvier 1892, 15 février 1891), puis, à l'état naissant, successivement dans les couches corticales internes où j'en constatais la présence le 27 février 1891, et, le 13 mars suivant, dans toute l'écorce, tandis que, le 8 mars 1893, il se localisait encore dans la couronne et l'endoderme. Au moment de la pousse des bourgeons, résorption partielle en direction centripète (22 mars 1892), bientôt suivie d'une nouvelle phase de régénération. Le 4 mai 1892, l'amidon, déjà abondant dans la moelle et les rayons médullaires, commençait seulement à se reformer dans l'écorce.

Les deux phases de premier maximum et de régression temporaire ne sont pas moins accusées dans la tige du Lilas. En hiver, la vacuité y est ordinairement complète (15 décembre-23 janvier 1892). Cependant j'ai constaté que l'amidon commençait déjà à reparaître, chez cette espèce : dans la couronne, le 12 janvier 1884, dans les rayons médullaires, le 15 janvier 1891, c'est-à-dire qu'il s'y reforme tout d'abord, comme chez le Charme, dans les profondeurs du corps ligneux. Il paraît peu après dans l'écorce primaire, où il progresse également en direction centrifuge, finalement dans le liber, le premier maximum coïncidant d'ordinaire avec les mois de février ou de mars (4 février 1884, 5 février 1885, 7 février-17 mars 1892, 16 février-18 mars 1893).

Le 11 mars 1885, les inflorescences commençant à se développer, l'amidon est déjà en état visible de régression ; il diminue graduellement du 2 au 27 avril suivant, et disparaît presque entièrement de la tige à cette dernière date, pour se reformer rapidement vers le milieu de mai, aussitôt la floraison passée.

La marche des phénomènes s'est montrée très sensiblement la même chez le Lilas en 1886, 1891, 1892 et 1893, en tenant compte, bien entendu, de la variabilité des circonstances atmosphériques.

Le 5 mai 1892, l'amidon y reparaissait à l'état naissant dans l'écorce, pour aboutir au second maximum, tandis qu'on n'en trouvait encore aucune trace dans le cylindre ligneux. — Donc ici progression centripète, après avoir été centrifuge au premier maximum, et centrifuge aussi, au premier printemps, dans les jeunes pousses, pour la formation de l'amidon d'été.

Chez le Sumac glabre, où l'amidon disparaît aussi complètement en hiver, les deux phases de rénovation sont plus tardives que chez le Lilas, ce qui s'explique naturellement par un retard corrélatif dans le départ des bourgeons.

C'est dans les couches internes de l'écorce primaire qu'on le voit tout d'abord réapparaître chez cette espèce, vers le milieu de février; il se répand de là en double direction, tout à la fois centrifuge et centripète, après quoi il ne tarde pas à se montrer aussi en granules plus ou moins volumineux dans la couronne, avec progression exclusivement centrifuge.

Le maximum de production est atteint dans les premiers jours d'avril, les bourgeons restant encore absolument inertes, puis commence la période de régression (second minimum), qui se prolonge jusque vers le milieu de juin. Le 12 juin 1886, en pleine floraison, je ne trouvais plus de traces appréciables d'amidon que dans les cellules de la région endodermique. Le 15 du même mois, il avait reparu partout.

Le 1er février 1894, je constatais, chez le Fustet, la présence de l'amidon en petite quantité dans les parties internes du corps ligneux, à l'état naissant dans l'écorce. Donc formation à peu près simultanée dans ces deux régions, avec prédominance cependant, tantôt de l'ordre centripète (février 1885), tantôt de l'ordre centrifuge (février 1891). — Premier maximum fin avril; régression temporaire, des premiers jours de mai au milieu de juin. En 1885, second maximum vers le 29 juin.

Chez le Sureau, je note que l'amidon reparaît d'abord,

tantôt dans la région moyenne du corps ligneux (17 février 1893, 24 février 1892), tantôt dans l'écorce (26 février-6 mars 1891). Le 12 mars 1893, il se montre assez abondant dans la couronne et les rayons ligneux, en grains plus petits dans les régions internes de l'écorce, nul plus en dehors. Le 28 du même mois, il est partout en forte régression, sauf dans l'endoderme où l'on en trouve encore des traces, et dans la couronne où il paraît se former toujours en dernier lieu.

La phase de complète régression coïncide avec le milieu d'avril (11 avril 1885, 19 et 23 avril 1891), puis l'amidon reparaît en progression centripète dans son ensemble au moment de la floraison, comme je l'ai constaté, en 1886, du 15 au 26 avril. Le 30 juin suivant, tous les tissus en étaient remplis.

Chez l'Obier, la régénération de l'amidon s'opère très rapidement dans toute l'épaisseur de la tige (février 1893), à partir de deux zones initiales de formation qui s'identifient avec l'endoderme et la couronne. Le 5 avril 1891, il avait presque entièrement disparu, pour se reformer dans la première quinzaine de mai, alors que les inflorescences étaient encore en boutons.

Enfin, comme chez le Sumac, nous avons trouvé l'amidon naissant chez l'Alaterne, le 22 janvier 1894, dans l'écorce et les rayons médullaires, alors qu'il n'y en avait point encore dans la couronne.

Passant maintenant aux espèces dont l'amidon, partiellement résorbé, se réfugie, en hiver, dans les régions plus ou moins profondes de la tige, je constate que c'est également, chez elles, entre la fin de janvier et les premiers jours de mars que se répartissent les dates initiales de la réapparition de cette substance dans l'écorce, avec régression temporaire lors de l'épanouissement des feuilles ou des bourgeons.

C'est ainsi que je l'ai trouvée en voie de régénération du 29 au 31 janvier 1892, chez le Pommier, l'Orme et le Noisetier; le 18 février des années 1885, chez le Faux-Ébénier,

et 1886, chez le Figuier; du 3 au 4 mars 1893, chez le Rosier, le Baguenaudier et le Sycomore.

En 1893, chez l'Acacia, l'amidon reparaissait dans l'écorce dès le 28 février et y augmentait graduellement dans le courant de mars, pour entrer en régression dans les premiers jours du mois suivant. Le 4 mai 1892, je n'en trouvais plus aucune trace (second minimum) dans la tige de la même espèce où nous l'avons vu cependant persister ordinairement, bien qu'en petite quantité, en hiver (premier minimum), et je l'y voyais reparaître, l'année précédente, mais dans la région endodermique seulement, vers le 8 du même mois (deuxième maximum), après une courte période de complète vacuité.

Le Frêne conserve parfois une partie de son amidon en hiver. Nous l'y avons trouvé, en 1893, assez abondant dans les couches profondes, à l'état naissant dans l'écorce, aux premiers jours de mars, augmentant ensuite graduellement jusqu'à la fin d'avril, époque où commença de se produire un mouvement de régression à peu près simultané dans toutes les régions caulinaires. Le second maximum de formation coïncidait, en 1891, avec la fin de mai, la floraison passée.

Phénomènes analogues chez la Vigne-Vierge où l'amidon persiste ou se renouvelle volontiers, bien qu'en proportions très variables, pendant tout l'hiver. En 1892, il s'y montrait déjà en voie sensible de régénération vers le 27 janvier, atteignait son premier maximum dans les premiers jours de mars, pour se mettre en régression au commencement d'avril, les bourgeons commençant alors à se gonfler. Le 7 juin suivant, il entrait dans la phase de reconstitution définitive, en plein épanouissement des inflorescences.

Nous savons que la tige de la Vigne, mieux partagée à cet égard que celle de la Vigne-Vierge, conserve d'ordinaire, en hiver, non pas seulement une faible partie, mais la presque totalité de sa réserve amylacée. Je crois cependant y avoir remarqué assez généralement un léger mouvement de régression à la fin de janvier ou dans les premiers

jours de février, après quoi les granules augmentent de nombre et de volume jusqu'au départ des bourgeons (26 avril 1893, 11 mai 1892), époque où ils se mettent de nouveau en résorption, souvent jusqu'à épuisement complet dans le courant de juin, c'est-à-dire au temps même de la floraison. L'amidon reparaît et se fixe définitivement dans tous les tissus caulinaires dans la première quinzaine de juillet (1).

On constate également une diminution très sensible, au moment de l'épanouissement des fleurs (24 avril 1893), dans le nombre et la grosseur des grains d'amidon de l'Aristoloche, qui partage avec la Vigne le privilège d'en conserver une bonne partie en hiver.

Inutile, croyons-nous, de multiplier les exemples. Nous en avons dit assez pour qu'on puisse se rendre compte de la grande variabilité des phénomènes, et de l'impossibilité d'arrêter, en pareille matière, les termes tant soit peu rigoureux d'une formule générale, aussi bien sur le temps où ils se produisent, que sur la marche graduelle de leur évolution dans les différentes régions caulinaires.

Il nous a paru cependant, à ce dernier point de vue, que, considéré dans son ensemble, et sans tenir compte des phénomènes intermédiaires ou accessoires, le travail de régénération de l'amidon à sa première période, — premier maximum de M. Mer, — s'opérait le plus souvent, contrairement aux conclusions de notre confrère, en direction centrifuge, plus rarement en direction centripète, comme j'en ai trouvé des exemples chez le Lierre, l'Alaterne et le Sumac glabre.

Comme au premier printemps, le phénomène de progression de l'amidon, à cette première étape, lorsqu'il a complètement disparu en hiver, a généralement son initium ou point

(1) C'est probablement avec la courte période de vacuité complète qu'ont malencontreusement coïncidé les observations de M. Briosi, d'après qui les chloroplastides de la Vigne ne contiendraient pas d'amidon (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1877, R. B., p. 234).

de départ dans la couronne pour le corps ligneux, dans la région endodermique pour l'écorce, chez les espèces à suber externe. Selon que l'une ou l'autre de ces deux zones entre plus tôt en activité, la progression, dans son ensemble, est centrifuge ou centripète, parfois à peu près simultanée, ainsi que je l'ai constaté chez le Fusain du Japon, le Fustet, le Cassis, le Groseillier et l'Obier.

M. Mer est encore trop affirmatif lorsqu'il avance, sans restrictions, que c'est également en direction centripète que s'opère la résorption de l'amidon, lors du départ des bourgeons, pour aboutir au second minimum. Je conviens que les choses se passent souvent ainsi (Acacia, Charme, Épine-Vinette, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Faux-Ébénier, Figuier, Staphylier, Sureau, Tilleul), — mais j'ai vu aussi cette régression temporaire s'opérer en direction centrifuge (Fusain d'Europe, Lilas, Sumac glabre, Fustet, Seringa), — ou simultanément dans les diverses régions caulinaires (Frêne, Vigne-Vierge).

Reste la seconde phase de la régénération, — second maximum, — qui doit constituer la réserve estivale de l'amidon caulinaire, tantôt centrifuge (Acacia, Épine-Vinette, Charme, Chèvrefeuille, Baguenaudier, Faux-Ébénier, Houx, Corète du Japon, Orme, Staphylier), — tantôt centripète (Lilas, Sumac glabre, Fustet, Sureau), — ou simultanée (Obier).

La période de régression temporaire de l'amidon correspond, avons-nous dit, au temps du départ des bourgeons. Quant à la phase de régénération définitive (second maximum) qui lui succède, il n'est pas aussi facile d'en reconnaître les coïncidences physiologiques, puisqu'elle peut se produire, chez les diverses espèces, tantôt au moment même de la floraison, ou peu avant (Baguenaudier, Sureau, Obier, Faux-Ébénier, Vigne-Vierge), tantôt immédiatement après (Frêne, Lilas, Chèvrefeuille, Épine-Vinette).

Enfin, — dernière observation dans le même ordre de faits, — il m'a paru résulter de l'examen comparatif

de rameaux de deux sortes, les uns à pousses florifères, les autres à pousses simplement feuillées, que, chez ces dernières, ce qui se comprend du reste très aisément, le phénomène de régression temporaire est ordinairement moins accusé que dans les autres. C'est ce que j'ai constaté à diverses reprises chez la Vigne-Vierge, l'Épine-Vinette, le Lilas et le Poirier.

Que si je me place maintenant au point de vue de la régénération individuelle des grains d'amidon, il suffira d'indiquer que je les ai trouvés, comme dans les jeunes pousses elles-mêmes, en voie de formation généralement sporadique dans les gymnochlorites d'un grand nombre d'espèces, telles que le Frêne, le Sycomore, le Lilas, le Pommier, le Sumac glabre, etc., etc., — périphérique ou latérale dans les endochlorites du Faux-Ébénier (février 1893, 6 mars 1894), du Sureau (23 avril 1894), du Houx, du Pêcher (28 mars 1893), du Lierre (13 mars 1891), du Figuier (27 mars 1894), du Frêne (21 mai 1893), de la Vigne-Vierge (juin, juillet, *passim*), etc., etc.

J'ai reconnu de même, pendant la phase de régression temporaire, la présence de granules d'amidon en résorption périphérique dans les endochlorites de la Vigne-Vierge, du Faux-Ébénier, du Lilas, de la Vigne, etc., etc.

Au sortir de la période hivernale de vacuité totale ou partielle, nous voyons donc l'amidon se reconstituer dans des conditions identiques et par deux étapes successives, dans les mêmes plastides chlorophylliens où nous les avions vus se former également par deux fois au printemps, et s'éteindre en tout ou en partie à l'automne de l'année précédente.

Cette source importante de régénération n'est pourtant pas la seule. L'amidon se reconstitue aussi partiellement, au printemps, par évolution libre (évolution de granules protéiques) ou par reviviscence de particules persistantes des plastides primitifs : 1° dans la généralité des cyanocystes où nous avons vu, l'année précédente, l'amidon se

renouveler en partie, au cours de l'été, par le même procédé ; 2° dans toutes les parties de la tige, — moelle, bois, liber, assises internes de l'écorce primaire, chez certaines espèces, — dont les amyloplastides (plastides incolores), ou les chloroplastides décolorés, n'ont pas survécu ou n'ont survécu que partiellement aux granules amylacés auxquels ils avaient donné naissance.

Une branche de Houx coupée et mise le pied dans l'eau, le 11 janvier 1897, ne présentait plus, à cette date, aucune trace d'amidon ni de plastides adultes dans la moelle. Quinze jours plus tard, à la suite d'un relèvement de température assez sensible, l'amidon y reparaissait sous forme de grains très ténus, dont les réactifs iodés indiquaient clairement les rapports de filiation avec les granules ou particules de nature protéique qui se trouvaient appliqués avec eux contre les parois des cellules.

Observations analogues faites à plusieurs reprises, au moment de la régénération printanière, dans les tissus incolores ou les cyanocystes de la Vigne-Vierge (6 mars 1891, 12 mars 1886), du Faux-Ébénier (17 mars 1892), du Pommier, du Marronnier, du Charme, du Sycomore, du Sureau (4 février, 24, 22 et 21 mars même année), du Pêcher (20 mars 1893), etc., etc.

CHAPITRE II

CHLORITES

Nous abordons maintenant l'étude des phénomènes qui accompagnent la régénération printanière de l'amidon, en nous proposant de les considérer successivement dans les cyanocystes et dans les achroocystes.

I. — Cyanocystes et gymnochlorites.

Nous constaterons tout d'abord que les cyanocystes éclaircissent leur contenu au printemps, c'est-à-dire qu'ils

se dépouillent en partie des granulations de diverses sortes qui s'y étaient accumulées, plus ou moins abondantes, au début de la période hivernale. Considérés dans leur ensemble, ils reprennent peu à peu leur aspect antérieur.

Quant aux gymnochlorites, ou chlorites propres à ces sortes de cellules, on ne voit pas que leur mode de répartition dans la cavité cellulaire subisse alors aucune modification importante, de telle sorte que nous les retrouvons, au printemps, avec les mêmes allures que nous leur avions connues en été, et où ils étaient restés fixés sans changement appréciable, pendant tout l'hiver.

Donc, à ce point de vue, aucune observation utile à présenter. Mais nous avons à rechercher si, et dans quelle mesure, ces sortes d'organites peuvent être influencés par le retour de la plante à la vie active, dans leur façon de se comporter en présence de l'eau.

Pour ce faire, il convient de nous appuyer, comme précédemment, sur l'examen de coupes observées, les unes dans l'alcool ou l'huile, les autres dans l'eau distillée ou dans la solution aqueuse du bleu-violet d'aniline.

L'emploi de ces réactifs nous fera aisément reconnaître que cette influence est nulle ou peu appréciable sur la plupart des gymnochlorites stables de la série *A* n° 1, et n° 2 *pro parte*.

Au retour du printemps, ces sortes de gymnochlorites se retrouvent aussi peu sensibles qu'auparavant à l'action de l'eau, et n'ayant subi que de légères modifications de forme et de volume, avec cette circonstance, tout à fait favorable à leur étude, que la régression partielle de la substance granuleuse dont ils étaient accompagnés en hiver, en rend l'observation plus facile.

On peut en dire autant de la plupart des gymnochlorites à structure franchement spongieuse de la série *D*, ainsi que de ceux du Houx, du Lierre et du Laurier-Cerise (série *C*, *pro parte*), qu'on voit souvent, dès le début, se gonfler sensi-

blement dans l'eau, jusqu'à se mettre, tantôt en confluence, tantôt en diffusion, dans la cavité cellulaire.

Or, tels ils nous apparaissaient dans les jeunes pousses de l'année précédente, tels ces mêmes organites ont continué de se comporter dans l'eau au cours des périodes estivale et hivernale, tels nous les retrouvons encore au moment et à la suite de la régénération printanière.

Il n'en est pas de même des grains diffusibles de la série *A* n° 2, non plus que des grains plutôt diffluents de la série *C* (sauf l'exception signalée plus haut : Houx, Lierre, Laurier-Cerise), lesquels, assez généralement un peu plus sensibles, en hiver, à l'action de l'eau, qu'ils ne l'étaient auparavant, subissent, pour la plupart, au retour du printemps, de remarquables modifications dans leur constitution moléculaire, en ce sens qu'on les voit alors perdre peu à peu tout ou partie de leurs propriétés diffusives, pour se mettre temporairement dans un état de stabilité plus ou moins complète.

On peut se rendre compte de ce curieux phénomène au moyen de coupes pratiquées à quelques jours d'intervalle, en temps opportun, sur une même branche, ou sur plusieurs branches de la même espèce, placées dans des conditions identiques de végétation.

On voit ainsi ces sortes de gymnochlorites, de moins en moins sensibles à l'action de l'eau, rester ramassés, à son contact, en petites plaques, d'abord mal définies, estompées sur les bords et d'un vert très pâle, puis de plus en plus condensés et reprenant finalement la forme et la consistance de grains non diffusibles (grains stables) ou à diffusion limitée (grains diffluents), tels, en un mot, que nous les avions observés, l'année précédente, dans les premiers temps de leur évolution.

Nous avons pu fixer la date du retour de ces sortes de gymnochlorites à leur premier état, et suivre les différentes phases du phénomène, plus particulièrement chez le Lilas (février 1884, mars 1892), le Faux-Ébénier (fé-

vrier 1893), le Fusain d'Europe (fin février 1894, première quinzaine de mars 1891), le Mahonia (29 février-3 mars 1892), le Pêcher, le Frêne et le Tilleul (mars 1893), le Chèvrefeuille (4 mars-3 avril 1892), le Staphylier (18 mars-26 avril 1894), l'Acacia, le Sycomore et le Baguenaudier (4-11 mai 1892).

De la comparaison de ces différentes dates ressort une indication intéressante, à savoir : que le phénomène de reconstitution ou de reviviscence dont un grand nombre de gymnochlorites sont le siège au printemps, précède très généralement le temps de vacuité plus ou moins complète, qui s'écoule entre les deux phases successives de la régénération de l'amidon (second minimum de M. Mer).

Ainsi ramenés à leur consistance première, ces délicats organites y restent ordinairement fixés jusqu'au moment, assez rapproché du reste, où l'amidon d'été y reparaîtra sous forme de granules rapidement multipliés, et dont la présence, par suite d'un phénomène antagoniste assez remarquable, ne tardera pas à provoquer, chez la plupart d'entre eux, un retour plus ou moins complet de leurs propriétés diffusives.

Nous avons vu de même les gymnochlorites spongieux de l'Aristoloche, complètement diffusibles en hiver (exception dans la série *D*), retourner, au printemps, à leur état antérieur de simple confluence.

Nous n'avons pas d'observations à présenter sur la reviviscence possible des grains-paillettes de la série *B*, ordinairement réduits à l'état granuleux au cours de leur évolution amylacée.

II. — Achroocystes et endochlorites.

Nous savons que les cyanocystes se dépouillent en partie, au retour du printemps, des granulations de diverses sortes qui s'accumulent dans leur cavité en hiver. Sous la même influence on voit s'éclaircir le contenu liquide

des achroocystes que le froid rend assez souvent plus ou moins opaque. Il y a là, sans doute, certaines réactions chimiques dont l'étude pourrait être intéressante, mais sur lesquelles il n'y a pas lieu de nous arrêter ici.

Nous insisterons, au contraire, sur les modifications qui se produisent, au printemps, dans la manière d'être des endochlorites, et que nous allons étudier au triple point de vue : 1° du mode de groupement ou de distribution de ces organites dans la cellule ; 2° du retour à leur position normale de ceux d'entre eux qui s'orientent en fuseaux en hiver ; 3° des changements qui se produisent dans leur coloration, leur forme et leur grosseur.

A. Modifications printanières dans le groupement ou mode de répartition des endochlorites. — Le froid a généralement trop peu d'action sur le mode de distribution de la plupart des endochlorites des espèces à feuilles hivernantes ou à écorce verte persistante, pour que le retour des influences printanières puisse provoquer, dans leurs allures, aucune modification de quelque importance. Nous n'aurons donc à retenir ici que les seules espèces à feuilles caduques dont nous avons vu, sous l'action du froid, les endochlorites s'amasser en pelote ou se cantonner dans certaines portions déterminées de la cellule.

A peine la température commence-t-elle à s'adoucir que l'on voit disparaître des achroocystes de ces dernières espèces, la substance plasmique, souvent condensée en réseau ou en bordure, dans laquelle la plupart des endochlorites se montraient engagés en hiver.

Dégagés de cette sorte d'entrave, ceux-ci ne tardent pas à se mettre en mouvement, et on les voit se répandre contre les parois, pour reprendre, plus ou moins rapidement, les positions relatives qu'ils occupaient en été.

En 1892, les endochlorites de la Vigne-Vierge avaient commencé à se mettre en mouvement dès le 27 janvier, mais on ne saurait rien conclure de cette observation faite

sur une plante très particulièrement sensible aux moindres changements de température.

Le retour définitif des endochlorites à leurs allures estivales est généralement plus tardif. C'est ainsi qu'on le voit se produire d'ordinaire dans la première quinzaine de février, chez le Lilas, le Chèvrefeuille, le Faux-Ébénier et le Cassis ; dans la seconde quinzaine du même mois, chez le Staphylier, le Figuier, le Sureau et le Charme ; de la fin de février au milieu de mars, chez le Sycomore, le Frêne, le Pêcher, le Faux-Ébénier, le Fusain d'Europe, le Mûrier de Kaempfer, le Poirier, le Pommier, le Rosier, le Marronnier, l'Orme, le Seringa, l'Obier, le Fustet, les Sumacs glabre et vénéneux ; enfin, plus tardivement encore, chez le Tilleul (mars 1891 et 1892), l'Arbre de Judée (mars 1892) et l'Épine-Vinette (avril 1892).

Ce ne sont là, d'ailleurs, que des indications générales sans rien d'absolu, la date initiale de la mise en mouvement des endochlorites pouvant varier, on le conçoit sans peine, et souvent avec un écart considérable, d'une année à l'autre.

Ainsi, chez le Pêcher, je les vois se répandre dès le 21 février en 1892, vers le 2 mars seulement l'année suivante. Mêmes remarques pour le Staphylier (16 février-10 mars), le Pêcher (4-13 mars), etc., etc.

Il peut se faire aussi que, déjà répandus en tout ou en partie contre les parois des cellules, ils viennent à reprendre pour quelque temps leurs allures hivernales sous l'influence d'un retour offensif du froid. C'est ce que j'ai observé notamment, chez le Staphylier vers le 1er avril 1891, chez le Sureau, le 23 mars de la même année, et chez le Chèvrefeuille, du 3 au 17 mars 1892.

J'ai de plus constaté, chez l'Épine-Vinette, le Fustet et le Seringa, un mouvement de retour temporaire, non plus accidentel, mais normal, des endochlorites, à leurs allures hivernales, en coïncidence avec le phénomène de régression, temporaire également, de l'amidon lors du départ des bourgeons.

Ce ne sont là toutefois que des faits exceptionnels, quoique peut-être plus fréquents qu'ils ne m'ont apparu. Ce qu'il importe de retenir, c'est que les endochlorites commencent, en général, à reprendre leurs allures estivales à la périphérie des tissus restés vivants de l'écorce, dans le temps même où ils se remettent à fabriquer de l'amidon (premier maximum), ou peu après. De là, le mouvement se répand peu à peu dans les couches profondes où il est souvent assez lent à se produire, tandis que l'amidon, dont la marche progressive est, au contraire, nous le savons, très généralement centrifuge dans l'écorce primaire à partir de l'endoderme, s'est, au contraire, déjà accumulé en quantité notable dans les mêmes couches. La mise en mouvement des endochlorites est de même centripète dans le péricycle et les rayons libériens des espèces à suber interne.

C'est ainsi que, chez le Sycomore, le Charme, le Faux-Ébénier, le Fusain d'Europe, le Frêne, l'Orme, le Marronnier, etc., etc., j'ai souvent rencontré les endochlorites déjà répandus dans les couches externes de l'écorce primaire, et de même dans le phelloderme des *Ribes*, tandis que, plus profondément, ils restaient encore agglomérés autour du noyau, en une masse visqueuse, incolore ou jaunâtre et d'apparence amorphe.

B. Orientation. — La date du retour à leurs allures estivales, des endochlorites orientés en fuseaux en hiver peut varier beaucoup d'une espèce à l'autre. Je l'ai vu se produire, du 17 au 22 février 1893, chez le Faux-Ébénier; en février 1892 et en mars 1893, chez le Chèvrefeuille; dans les premiers jours de mars 1894, chez l'Épine-Vinette; du 24 février au 27 mars 1891, chez le Mahonia; à la fin de mars 1893, chez le Staphilier; vers le 4 mai 1892, chez l'Acacia.

Chez l'Orme, je n'ai plus trouvé, le 13 mars 1891, d'endochlorites orientés en fuseaux, que dans les couches internes de l'écorce. Enfin, chez le Sycomore, ils persistaient encore dans cette orientation, le 22 avril 1893, tandis qu'en 1891.

ils l'avaient quittée dès le 17 mars, jusque dans les cellules des rayons libériens.

Le mouvement de retour de cette sorte d'endochlorites à leur position normale peut s'opérer de diverses façons, ainsi qu'une observation attentive, et le hasard de coupes faites en temps utile, m'ont permis de le constater à plusieurs reprises.

Tantôt, comme chez le Lilas, ils semblent procéder par glissement dans la couche du plasma pariétal, après s'être rapidement appliqués de face contre la paroi des cellules.

Tantôt, on voit ceux d'entre eux qui se répandent contre la paroi antérieure, se mettre à ramper lentement contre cette paroi, en continuant d'y adhérer par la tranche, comme ceux en petit nombre qui occupaient, en hiver, une position semblable ; après quoi, ils commencent, comme ceux-ci, à s'animer d'un mouvement d'oscillation dont les amplitudes augmentent peu à peu de valeur et qui finit par les amener de face au contact de la paroi : Faux-Ébénier (17 février 1893), Houx (3 avril 1892), Mahonia (février 1891), Chèvrefeuille, etc., etc. C'est exactement la contre-partie du mouvement de conversion qui avait amené, en automne, les endochlorites de cette sorte, à s'appliquer de profil sur les surfaces de contact.

Enfin, la conversion peut s'opérer collectivement, si je puis ainsi parler, ou par petits groupes, au moment où certains de ces organites, jusqu'alors empilés en séries autour du noyau, commencent à s'en écarter.

En pareil cas, les fuseaux, observés avec soin pendant un assez long espace de temps, nous ont paru d'abord animés d'un mouvement commun de rotation qui les faisait, tous ensemble et restant étroitement unis, occuper successivement des positions variées autour du noyau ; après quoi, on les voyait se séparer lentement les uns des autres, en oscillant plusieurs fois sur leur axe, et se distribuer enfin, en s'orientant de face, le long de la paroi antérieure.

Les divers mouvements de conversion peuvent être provoqués expérimentalement en hiver, ce qui en rend l'étude plus facile, en mettant pendant quelque temps des branches coupées, le pied dans l'eau, dans une chambre chauffée : Faux-Ébénier (22 novembre 1894), Chèvrefeuille (3-5 novembre 1893), ou, mieux encore, en plaçant sous l'objectif du microscope des coupes minces immergées dans une goutte d'eau tiède : Chèvrefeuille (30 novembre 1893), Faux-Ébénier et Sycomore (29 novembre et 25 décembre 1894).

L'étude attentive de ces divers phénomènes a achevé de m'édifier sur la vraie nature des endochlorites-fuseaux, qu'on serait plutôt tenter de prendre, au premier abord, dans les couches profondes de l'écorce surtout, pour de vrais corps fusiformes.

Il peut se faire qu'avant le mouvement de conversion, les endochlorites-fuseaux, adhérant encore de profil à la paroi antérieure de la cellule, aient déjà commencé à fabriquer de l'amidon. Les premiers granules ainsi formés se montrent d'abord, le plus souvent, soit isolément à l'une des extrémités, soit simultanément aux deux pôles des fuseaux, ce qui donne alors à ceux-ci l'apparence de petits bâtonnets en forme de têtards ou de haltères, comme ceux que nous avons décrits au moment de la résorption de l'amidon d'été.

Les granules formés ultérieurement apparaissent disposés en chapelet dans l'intérieur du chlorite, jusqu'au moment où, par suite de la conversion finale de ce dernier, ils se montrent, le plus souvent, disposés sur ses bords, en voie de formation périphérique.

C. **Modifications dans l'état physique des endochlorites.** — Ces modifications peuvent être de trois sortes, selon qu'elles portent sur la coloration, la forme ou le volume des endochlorites.

a. *Coloration.* — Nous savons déjà que les endochlorites d'un assez grand nombre d'espèces se décolorent plus ou

moins en hiver, pour reprendre, au printemps, leur coloration normale, non sans avoir passé souvent par une phase de décoloration encore plus complète, laquelle coïncide d'ordinaire avec le moment où ces mêmes organites commencent tout à la fois à fabriquer de l'amidon et à se mettre en mouvement, dans les couches externes et moyennes de l'écorce tout au moins, pour retourner à leurs allures estivales.

De là, l'extrême difficulté de les distinguer sans réactifs après qu'ils se sont appliqués de face contre la paroi antérieure des cellules. Seuls, apparaissent distinctement alors les granules d'amidon qui ont commencé de s'y former. Souvent incolores, ces granules naissants peuvent aussi se teinter de vert, coloration, du reste, transitoire et qui s'éteint peu à peu, à mesure qu'elle s'accuse de plus en plus intense dans leurs plastides revivifiés.

On peut aussi, et même fréquemment, constater la formation, chez beaucoup d'espèces, de granules d'amidon verts dans les endochlorites plus ou moins décolorés qui restent encore intimement amassés en pelote, au début du printemps, dans les couches profondes de l'écorce ; c'est ce dont j'ai trouvé de fréquents exemples chez le Lilas, et ce que j'ai pu aussi noter au passage, chez le Cassis (20 février 1885), le Groseillier (1er février 1892, mars 1884), le Staphylier (6 mars, 15 avril 1891), l'Obier (20 mars 1892), la Vigne (11 mai 1892, 29 mai 1885, 5 juillet 1891), le Sycomore (15 février-4 mars 1891), le Frêne (21 février-13 mars 1891), le Fusain d'Europe (26 février 1891), le Marronnier (31 janvier 1892, 15 février 1891), l'Orme (14 janvier 1884), etc., etc.

On doit se rappeler que nous avons précédemment signalé la présence de grains d'amidon temporairement teintés de vert, les uns dans certains endochlorites incolores, encore à l'état formatif dans les jeunes tiges, au printemps, les autres dans des endochlorites décolorés où ils achèvent de se résorber en automne.

Ce phénomène n'est donc pas nouveau pour nous. On remarquera qu'il coïncide toujours, de même que celui de la plus complète décoloration des chlorites, avec l'une ou l'autre des deux périodes de la formation ou de la régression de l'amidon, et il est, en outre, intéressant de noter que, venant à se produire dans le temps de la régénération printanière, il forme un contraste frappant avec ce qui se passe, à la même époque, chez la généralité des gymnochlorites, lesquels reviennent beaucoup plus promptement que les endochlorites à leur coloration normale, avec granules d'amidon inclus toujours incolores.

b. *Changements de forme et de volume.* — Dès que les endochlorites ont repris définitivement leurs allures estivales, on ne tarde pas à s'apercevoir que, pour beaucoup d'entre eux, l'aspect n'est plus le même que dans les jeunes pousses de l'année précédente. Leurs contours sont moins nets, leur forme lenticulaire moins bien définie. On dirait, en un mot, qu'ils ont subi une sorte de dégradation provenant, selon toute vraisemblance, d'une part, de leur compression réciproque dans les groupes plus ou moins intimement unis, qu'ils forment en hiver, de l'autre, de certaines modifications moléculaires provoquées, dans l'intimité de leur substance, de même, d'ailleurs, que dans celle des gymnochlorites, par le double travail de formation et de régression de leurs enclaves amylacées.

C'est probablement aux mêmes causes qu'il convient d'attribuer la diminution de volume dont la plupart des deux sortes de chlorites se montrent affectés au sortir de l'hiver (1), et qui devient particulièrement sensible chez les endochlorites lorsqu'ils se mettent à quitter leurs allures hivernales pour se répandre isolément contre les parois des cellules.

Il est vrai que l'extrême petitesse de quelques-uns d'entre eux rend parfois assez difficile la juste appréciation du phé-

(1) Voy. plus haut p. 150 et *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 1877, R. B., p. 148.

nomène. Mais il en est d'autres dont les dimensions plus considérables permettent, au contraire, de se faire une idée assez exacte de leur diminution en diamètre, laquelle varie, en général, du tiers à la moitié. Ainsi les endochlorites de la Vigne-Vierge et du Sureau, dont le diamètre variait, dans les jeunes tiges, de 5μ,9 à 7μ,6, ne mesurent plus, l'année suivante, que 3μ,8. Chez la Vigne, j'ai constaté une réduction de 3μ,8 ou 5μ,9 à 1μ,9. Chez le Sumac glabre, elle est de 3μ,8 à 1μ,9.

Il semble même que les causes de dégradation, assez fortes, comme on l'a vu plus haut, pour aller parfois jusqu'à la destruction partielle des gymnochlorites, n'aient pas une moindre action sur certains endochlorites, lesquels viendraient eux-mêmes à disparaître en hiver. C'est du moins ce qui semble résulter de ce fait qu'ils ne paraissent pas augmenter de nombre dans chaque cellule considérée séparément, bien qu'on les voie parfois alors *se multiplier par division*, comme j'en ai trouvé des exemples dans l'écorce primaire de l'Aucuba, le 5 février 1891 ; dans certaines parties persistantes de celle du Mahonia, le 18 janvier 1892 ; chez le Staphylier, du 21 au 25 février même année ; chez le Sureau et le Chèvrefeuille, dans le courant de mars des années 1886, 1891, 1892 et 1893 ; chez le Faux-Ébénier, le 10 mars 1894, enfin, chez le Houx, plante à évolution plus lente, le 8 juin 1882.

Le plus souvent les grains en état de division se montraient appliqués de face, ou dans le sens de leur grand diamètre, contre la paroi antérieure des cellules, mais j'ai vu aussi la division s'opérer d'une façon très nette et très instructive, notamment chez le Faux-Ébénier, le 22 mars 1892, sur des grains encore orientés en fuseaux et n'adhérant conséquemment à la même paroi que par la tranche ou de profil, ce qui permettait de suivre très aisément la marche du phénomène.

Que si maintenant, cherchant à nous rendre compte de leur signification physiologique, nous sommes amené à

considérer les modifications de forme, de structure, de volume et de coloration dont la plupart des chloroplastides sont affectés au cours de l'hiver, comme autant d'indices apparents d'un véritable phénomène de dégradation dans l'intimité de leur substance, nous devrons reconnaître, d'autre part, que le retour, au printemps, de conditions de végétation plus favorables, provoque, chez ces organites considérés comme autant d'individualités vivantes, un véritable effort de reviviscence qui se manifeste par la triple faculté de renouveler leur amidon, de régénérer leur pigment vert et, enfin, de se multiplier par division.

Il s'établit donc une sorte de parallélisme en sens inverse, entre les phénomènes de dégradation et de reviviscence dont ces organites sont le siège à cette phase critique de leur évolution.

On peut se demander cependant si la balance reste toujours égale entre les forces antagonistes qui se trouvent ainsi en présence, et si, au cours des années, ce remarquable équilibre ne vient pas à se rompre.

Mes observations sur ce point ont été trop peu nombreuses et trop peu concluantes pour qu'on puisse en rien tirer de précis.

Je me bornerai à quelques indications sommaires qui méritent peut-être de ne pas être négligées. Ainsi cette remarque, que la proportion des cellules à contenu simplement granuleux, sans vrais chlorites, semble augmenter assez sensiblement à la longue, ce qui ne saurait s'expliquer que par une progression constante dans l'intensité du phénomène de désorganisation.

J'ai pu cependant constater la persistance des deux sortes de cellules et des deux sortes de chlorites qui s'y trouvent normalement localisés, dans des branches âgées de quatre à neuf ans, chez l'Acacia, le Lilas, le Faux-Ébénier, le Vernis du Japon et l'Aubépine, de huit à neuf ans, chez l'Oranger, de dix-neuf à vingt ans chez le Tilleul.

Au bout de trente ans environ, je trouvais la chloro-

phylle désorganisée chez le Cerisier, et remplacée par une substance granuleuse jaune ou brunâtre, sauf dans certaines cellules des assises internes de l'écorce primaire, sur les parois dèsquelles apparaissaient de petites plaques vertes affectant les allures ordinaires des endochlorites, et accusant ainsi la vitalité persistante de ces délicats organites ou de leurs descendants.

Quant aux chlorites des tissus de formation nouvelle, sur surface libre, plus ou moins fréquents dans l'écorce des Dicotylédones (1), il y a lieu de croire qu'ils proviennent de l'évolution de granules protéiques semblables à ceux dont nous avons constaté la transformation en plastides amylo-chlorophylliens dans le phelloderme des *Ribes*.

Quelques mots, pour terminer, sur certains phénomènes particuliers de reviviscence que nous avons vus se produire dans l'écorce primaire du Houx et dans le péricycle mou du Mahonia.

Chez le Houx, l'amidon d'été se résorbe de très bonne heure, laissant, dès le mois d'octobre, les endochlorites d'où il a disparu, répandus contre les parois des cellules, verts et bien définis dans les couches externes et moyennes de l'écorce primaire, incolores, souvent invisibles sans réactif et très réduits de volume dans les couches internes. Au moment des premiers froids, on constate que les endochlorites teintés de vert n'ont pas quitté leurs allures estivales, tandis que les corpuscules incolores des couches internes sont venus se grouper autour du noyau et y restent longtemps adhérents, sans modifications apparentes. Puis on les voit, dans le courant de janvier, grossir peu à peu, s'imprégner de pigment vert, s'orienter souvent en fuseaux dans la région nucléaire, ou se répandre de diverses façons dans les cellules, et, enfin, passer par une seconde phase transitoire de complète décoloration au moment de la rénovation printanière.

(1) Tissu fondamental secondaire de M. Bertrand; tissu apocynique, de M. Lignier, p. 17 de ses *Contributions à la nomenclature des tissus secondaires*.

Les grains-fuseaux incolores d'une branche de Houx coupée le 15 décembre 1892 et mise en chambre chaude, commençaient à verdir et à se mettre en mouvement trois jours plus tard.

Phénomènes analogues observés chez le Mahonia entre le milieu de décembre et la seconde quinzaine de janvier des années 1891 et 1892.

Une fois reconstitués, les endochlorites, chez ces deux espèces, ne tardaient pas à se gonfler en se chargeant d'amidon.

Nous avons étudié dans leur ensemble les phénomènes de la régénération printanière de l'amidon et de la reviviscence de la chlorophylle dans la tige des végétaux ligneux en général. Il ne sera pas inutile de suivre pas à pas la marche des mêmes phénomènes chez quelques espèces considérées séparément. Nous trouverons, dans cette étude de détail, la confirmation des conclusions générales tirées des observations précédentes, et elle nous permettra, en outre, de relever certaines particularités dont l'indication aurait difficilement trouvé sa place ailleurs.

Nous commencerons par le Lilas.

Lilas. — Sous l'action du froid, les endochlorites de l'écorce (*lato sensu*) ont, chez le Lilas, une tendance manifeste à s'orienter en fuseaux, en s'amassant en grande partie autour du noyau, souvent avec bordure ou réseau, et à se fixer avec lui, tantôt vers le milieu (couches corticales externes), tantôt dans l'un des coins de la cellule (couches internes), et ils en viennent parfois, surtout dans ce dernier cas, à s'unir si intimement entre eux qu'ils ne paraissent plus former alors qu'une masse uniformément granuleuse, plus ou moins décolorée, dont les éléments constitutifs sont très difficiles à mettre en évidence.

La difficulté augmente encore lorsque, au cours de l'hiver, on voit se former, dans la masse, de fins granules d'amidon, d'un vert d'abord très pâle, puis de plus en plus foncé,

dont les réactifs appropriés, — acide acétique et iodo-iodure de potassium, — décèlent la véritable nature, et qu'il faut se garder de confondre avec les corpuscules nucléaires toujours incolores (Voy. plus haut p. 171), qu'on aperçoit par transparence au milieu du groupe des endochlorites qui les entourent.

Plus ou moins tôt après leur apparition (4-14 février 1884, 5-28 février 1885, 17 février 1886, 18-24 février 1892, 12-18 février 1893), on voit ces mêmes granules se mettre en mouvement et se répandre contre les parois des cellules, isolément, semble-t-il, et sans groupement d'aucune sorte, quand on les observe dans l'eau. Mais ce n'est là qu'une apparence.

Que si l'on vient à traiter les coupes par le réactif iodo-ioduré, on ne tarde pas, en effet, à constater que les granules sont, en réalité, distribués en un certain nombre de petits groupes inclus dans autant de plaques discoïdes très pâles qu'il est aisé d'identifier avec les endochlorites décolorés, lesquels se sont répandus par glissement, avec leurs enclaves amylacées, contre la paroi, et que le réactif a légèrement contractés.

Au cas même où les endochlorites, répandus contre les parois, n'auraient pas encore commencé à fabriquer de l'amidon, ce qui se produit volontiers dans les couches corticales externes et moyennes, il ne serait pas moins aisé de les mettre en évidence par l'emploi du réactif, et l'on peut même parfois les distinguer alors dans l'eau pure, par un simple effet de contraste entre leurs propriétés optiques et celles de la couche continue de bordure, lorsque celle-ci n'a pas encore complètement disparu (12 février 1893).

Cependant, dans le courant de mars, ou, pour parler plus exactement, au moment du départ des bourgeons, les endochlorites recommencent à verdir, tandis que leurs enclaves amylacées se décolorent, au contraire, peu à peu et diminuent graduellement de volume. Vers la fin du même mois ou les premiers jours d'avril, ils sont déjà suffisam-

ment imprégnés du pigment chlorophyllien pour se laisser distinguer sans réactifs.

Entre temps, les granules d'amidon ont achevé de se décolorer et on les voit alors se porter lentement à la périphérie des plastides qu'ils finissent par entourer comme d'un cercle de petites perles brillantes (12 mars 1893, 21 mars, 2 avril 1885). Enfin, ils disparaissent après avoir subi une dégénérescence huileuse (3 avril 1892, 12 avril 1894) analogue à celle que nous avons vue se produire, en hiver, aux pôles de certains endochlorites orientés en fuseaux.

L'amidon ainsi résorbé, les endochlorites reprennent assez rapidement leur coloration normale.

La régénération des gymnochlorites s'opère parallèlement à celle des endochlorites, mais d'une façon toute différente.

On se rappelle que ces organites sont, chez le Lilas, de ceux qui se mettent, en hiver, dans un état de diffusion à peu près complète dans l'eau.

Au retour du printemps, cet état se modifie graduellement. Les gymnochlorites montrent peu à peu plus de fixité dans leur constitution moléculaire, en reprenant graduellement, selon le processus indiqué plus haut (p. 188), les allures et la consistance de grains plus ou moins stables.

Reverdissant en même temps, ils se sont, en outre, remplis de granules d'amidon, toujours incolores, — ce qui forme, au début surtout de la phase de régénération, un contraste frappant avec les plastides décolorés et les granules d'amidon verts des endochlorites.

Comme ces derniers granules, ceux des gymnochlorites se résorbent au moment du départ des bourgeons, en passant comme eux par une phase ultime de dégénérescence huileuse, mais avec cette différence qu'ils la subissent sur place, aux points mêmes où ils se sont formés, sans jamais se porter auparavant à la périphérie du plastide (3 avril 1892). La résorption est donc sporadique dans un cas, périphérique dans l'autre.

Arrivés à cette période de leur évolution, les chlorites

des deux sortes ont tous repris ou à peu près, chez le Lilas, leurs allures de l'année précédente, en tenant compte toutefois des modifications de forme et de volume dont ils peuvent avoir été affectés.

La floraison passée, ils se remettent tous indistinctement à fabriquer de l'amidon.

Ajoutons qu'à ce moment ils sont assez difficiles à distinguer les uns des autres, ce à quoi cependant on arrivera toujours en traitant les coupes par la solution aqueuse du bleu-violet d'aniline.

Vigne-Vierge. — Comme ceux du Lilas, les endochlorites de la Vigne-Vierge se groupent très habituellement, en hiver, autour du noyau, mais en gardant le plus souvent leur orientation normale, et en se fixant presque toujours avec lui vers le milieu de la paroi postérieure des cellules. Chaque groupe est entouré d'une couche mince de substance plasmique s'irradiant en réseau contre les parois et souvent même dans l'intérieur de la cavité cellulaire.

L'aspect général des endochlorites ainsi amassés en pelote varie sensiblement au cours de l'hiver, avec les abaissements et les relèvements successifs de la température.

Comme chez le Lilas, leur cohérence est d'autant plus intime que les froids sont plus rigoureux, ne formant plus alors, bien souvent, qu'une masse à éléments indistincts, jaunâtre, très finement granuleuse, parfois sillonnée de longues stries fusiformes. On se rappelle aussi, qu'en pareil cas, il nous est arrivé de ne pouvoir les mettre en évidence que par l'emploi de l'acide sulfurique faible.

Que la température vienne, au contraire, à s'adoucir après une période de fortes gelées, et l'on ne tarde pas à constater qu'il s'est produit une sorte de dislocation dans la masse granuleuse des endochlorites, lesquels se montrent dès lors plus distincts, plus lâchement groupés autour du noyau, et commencent même souvent à fabriquer de l'amidon.

Même remarque si l'on en vient à maintenir pendant quelque temps, le pied dans l'eau, dans une chambre chauf-

fée, une branche coupée dans de semblables conditions.

Normalement, l'amidon réapparaît d'ordinaire avant la dispersion des endochlorites, sous forme de petits granules incolores dans les couches corticales externes et moyennes, — souvent un seul granule dans chaque plastide, — ou de granules teintés de vert au début, comme ceux que nous observions tout à l'heure chez le Lilas, dans les couches profondes où les endochlorites restent beaucoup plus longtemps (31 janvier 1893, 6 mars 1891, 12 mars 1886) agglomérés en masse granuleuse jaunâtre autour du noyau.

Quant au temps même de la dispersion de ces organites, il peut varier très sensiblement d'une année à l'autre, avec ou sans retours momentanés à leurs allures hivernales, retours qui coïncident d'ordinaire, on le conçoit sans peine, avec une baisse plus ou moins forte du thermomètre.

Je trouve cependant à cette règle d'assez bizarres exceptions. Ainsi, en 1892, les endochlorites ayant commencé à s'écarter du noyau dès la fin de janvier, et l'amidon s'y montrant assez abondant vers le 11 février, je ne constatais, le 6 mars, aucun arrêt dans leur marche vers leurs allures estivales, bien que le thermomètre fût descendu, dans les nuits précédentes, à 6 et même à 10° au-dessous de zéro.

En 1886, les endochlorites étaient encore, dans les premiers jours de mars, groupés plus ou moins lâchement autour du noyau. Le 24 du même mois, la température s'étant sensiblement adoucie, on les trouvait répandus contre les parois, et la tige regorgeait d'amidon sans qu'aucun symptôme d'activité végétative se fût encore manifesté au dehors. Les bourgeons, alors complètement inertes, ne commencèrent à se gonfler que vers le 3 avril; le 17, ils étaient épanouis et l'amidon entrait aussitôt en résorption. Il n'y en avait plus trace dans la tige le 9 mai, au moment de la formation des inflorescences.

A partir du 20 juin, même année, en pleine floraison, j'assistais, jusqu'au commencement d'août, à la lente reconstitution de l'amidon estival qui se montrait, pendant quel-

que temps, sensiblement moins abondant dans les branches sur lesquelles s'étaient développées de jeunes pousses florifères que dans les autres.

La résorption de l'amidon dans les endochlorites à grains simples qui sont assez fréquents chez la Vigne-Vierge, peut se faire, au printemps comme en automne, selon l'un ou l'autre des deux modes que nous savons habituels en pareil cas : résorption polaire ou latérale, avec formation temporaire d'une calotte chlorophyllienne, — résorption intégrale par régression ou transmutation simultanée de la substance ternaire de l'amidon dans la masse tout entière du plastide. Dans l'un et l'autre cas, les endochlorites se mettent, en même temps, à sécréter de très fines gouttelettes d'huile qu'on voit se répandre successivement dans le suc cellulaire.

L'amidon résorbé, ceux des endochlorites qui se sont répandus contre la paroi antérieure des cellules, s'y montrent appliqués sous forme de petites plaques discoïdes d'un vert clair, moins décolorées cependant que chez le Lilas, et passant plus rapidement à leur coloration normale.

On constate aussi qu'ils sont plus ou moins altérés dans leur forme, sensiblement diminués de volume et assez souvent en état de division.

Que si nous passons maintenant à l'étude des gymnochlorites de la Vigne-Vierge, nous reconnaîtrons aisément qu'ils se sont mis, au cours de la période hivernale, dans un état de dégradation très avancé. A cette époque, les cyanocystes, où ils se localisaient auparavant, ne contiennent plus, pour la plupart, qu'une substance granulo-spongieuse, diversement répandue contre les parois cellulaires ou dans le voisinage du noyau.

Fréquemment expulsée des cellules sous l'action du rasoir, et répandue, avec le noyau, dans l'eau de la préparation, il est très facile de se rendre compte de la constitution réticulée de cette substance, dans laquelle se trouvent constamment engagés de petits granules plus ou moins teintés de vert et de petites gouttelettes d'huile.

Verts au début, comme il vient d'être dit, et de nature certainement protéique, les granules en question se décolorent par la suite en se chargeant d'amidon ; ils grossissent lentement à la fin de l'hiver, souvent dans des proportions notables, puis, au moment du départ des bourgeons, on les voit se fondre peu à peu dans le contenu spongieux de la cellule, où ils seront remplacés ultérieurement, à partir du moment de la floraison et jusqu'aux approches de l'hiver, par une production incessante de granules amylacés de même origine.

Aux deux phases successives de la régénération printanière, les plastides amylo-chlorophylliens localisés dans les cyanocystes de la Vigne-Vierge procèdent donc également d'un phénomène de formation libre.

Épine-Vinette. — Les endochlorites de l'Épine-Vinette, surtout abondants et d'assez fort volume dans le tissu lacuneux qui se surbordonne immédiatement au suber interne, s'y mettent de très bonne heure en pelote autour du noyau (12 septembre 1892), avec leurs enclaves amylacées qui se résorbent ordinairement en hiver, pour reparaître en quantité déjà très appréciable dans les premiers jours de mars (7 mars 1891).

Ainsi groupés au centre de la cellule, les endochlorites échappent fréquemment à l'observation directe sous la couche de substance plasmique qui s'irradie d'ordinaire en réseau autour d'eux. Le réseau venant parfois à s'éclaircir un peu, on distingue alors plus aisément, dans chaque cellule, la masse centrale, tantôt simplement granuleuse, comme celle que nous étudiions tout à l'heure chez la Vigne-Vierge, tantôt vaguement parsemée d'endochlorites qui se sont en partie orientés en fuseaux, courbés en croissant, creusés en anneau, accolés en forme de navette ou de **V**, à la façon des gymnochlorites que nous désignons sous le nom de grains-paillettes.

Par les grands froids, les endochlorites ainsi groupés au centre de la cellule forment parfois une masse trop com-

pacte pour qu'on puisse les mettre en évidence autrement que par l'un des procédés signalés plus haut (p. 134), et notamment par l'emploi de l'acide sulfurique faible. L'alcool absolu, avec réactif iodo-ioduré, les réduit, au contraire, en une masse encore plus compacte, parfois vaguement striée, mais sans qu'on puisse y saisir aucune autre marque de structure. Ils ne redeviennent bien visibles, sous leurs formes dégradées, que lorsque la cellule vient à s'éclaircir momentanément au cours de l'hiver, sous l'influence d'un relèvement de température, et dans le temps qui suit la disparition définitive du réseau, c'est-à-dire à la fin de février ou dans les premiers jours de mars.

Les endochlorites, s'étant remis dès lors à fabriquer de l'amidon, ne tardent pas à s'isoler du noyau pour se répandre contre les parois des cellules, puis, au moment de la régression temporaire de l'amidon (second minimum de M. Mer), on les voit se condenser de nouveau en une masse généralement centrale, amorphe, à réfringence vitreuse et d'un vert très foncé. Voilà du moins ce que j'ai constaté dans le courant des mois de mars et avril des années 1884, 1885 et 1886, du 12 avril au 19 mai 1891, et, enfin, en pleine floraison, vers le milieu d'avril 1893 (1).

Les endochlorites retournent définitivement à leurs allures estivales au commencement de mai (4-12 mai 1892), c'est-à-dire dans le temps même où commencent à y paraître les premiers granules de l'amidon d'été (second maximum de M. Mer).

A ce moment, les grains-paillettes ont complètement disparu des achroocystes, ce qui peut provenir, soit d'un phénomène de complète dissolution, soit peut-être aussi, d'une sorte d'évolution régressive qui les ramènerait en partie à leur forme première.

Le régime des gymnochlorites de l'Épine-Vinette en hiver

(1) Mêmes phénomènes observés chez le Fustet.

et au cours de la régénération printanière, ne donne lieu à aucune observation digne d'être notée, si ce n'est qu'ils retournent, au printemps, comme ceux du Lilas et de la même façon, à l'état de stabilité relative qu'ils avaient complètement perdu pendant l'hiver.

Frêne. — Les endochlorites du Frêne peuvent indifféremment garder, en hiver, leur orientation normale ou s'orienter en fuseaux, soit isolément, soit en s'accolant deux à deux en forme de navette, ou de grain de blé. Dans l'un et l'autre cas, on les voit se distribuer de façons très variées dans l'intérieur des cellules : tantôt engagés dans les trabécules d'un réseau plasmique s'irradiant autour du noyau central, tantôt refoulés dans une couche plus ou moins épaisse du plasma pariétal, le noyau occupant alors l'un des coins de la cellule, tantôt, enfin, logés avec ce dernier dans une lame de substance également plasmique, faisant diaphragme par le travers de la cellule, et se reliant de part et d'autre avec la couche de bordure. On se rappelle sans doute que, dans l'une quelconque de ces diverses dispositions, le reste de la cavité cellulaire est alors occupé, comme chez le Lilas, par une substance réfringente qui, sous l'action du perchlorure de fer, se contracte en deux ou plusieurs petites sphères réticulées ou vacuoleuses que le réactif colore en brun noirâtre.

Vers la fin de février (21 février 1891), ou dans les premiers jours de mars (17 mars 1892), selon que les conditions atmosphériques se montrent plus ou moins favorables, les endochlorites se mettent en mouvement pour reprendre leurs allures estivales. Ils sont alors très décolorés et commencent le plus souvent à fabriquer de l'amidon, bien que les bourgeons restent encore complètement inertes. Il en est du moins ainsi dans les couches externes et moyennes de l'écorce primaire, l'amidon s'étant régénéré plus tôt dans les endochlorites des couches profondes, encore amassés en pelote autour du noyau (2 mars 1893).

Cependant, les granules d'amidon grossissent rapidement,

faisant prendre aux endochlorites à granules multiples un aspect mamelonné ou mûriforme très caractéristique (3-16 avril 1886, 25 avril 1891). Puis, au moment du départ des bourgeons, ils se mettent en état de résorption latérale (grains simples) ou périphérique (grains multiples), tandis que les endochlorites eux-mêmes s'entourent, soit isolément soit par petits groupes, d'une couche de substance visqueuse plus ou moins réfringente, qui ne tarde pas à disparaître dès que la résorption de l'amidon est complètement achevée.

Ainsi dégagés, les endochlorites appliqués contre la paroi antérieure des cellules se montrent, comme chez le Lilas et bien d'autres espèces, sous forme de petites plaques discoïdes très pâles, irrégulières. Souvent encore en confluence à ce moment, ils ne tardent pas à s'isoler les uns des autres, tout en régularisant leurs contours et reprenant lentement leur coloration normale.

Une fois la floraison passée, ils se remettent à fabriquer de l'amidon (second maximum) par formation latérale (grains simples) ou périphérique (grains multiples) (22 mai 1891 et 1893).

Plus ou moins diffusibles dans l'eau en hiver, les gymnochlorites du Frêne retournent provisoirement, au printemps, à l'état stable, l'amidon y passant par les mêmes phases que chez les endochlorites, avec cette différence prévue, que la régression et la reconstitution des granules procèdent selon le mode sporadique (21 mai 1893).

Chèvrefeuille. — Pour faciliter l'étude des phénomènes de la régénération printanière dans l'écorce (péricycle et liber) du Chèvrefeuille, nous croyons devoir la diviser, de dehors en dedans, en trois zones concentriques correspondant, la première, aux assises externes du tissu parenchymateux immédiatement subordonné au suber interne (péricycle mou), la seconde, aux assises internes du même tissu, la troisième, à la région libérienne.

Et d'abord, nous allons chercher à nous rendre compte

Librairie MASSON et Cie, 120, boulevard Saint-Germain, Paris (VIe)

GUIDES
du Touriste, du Naturaliste et de l'Archéologue

Collection publiée sous la direction de ***M. MARCELLIN BOULE***

Vient de paraître :

LE PUY-DE-DÔME ET VICHY

PAR MM.

Marcellin BOULE
Docteur ès sciences.

Ph. GLANGEAUD
Maître de Conférences à l'Université de Clermont-Ferrand.

G. ROUCHON
Archiviste du Puy-de-Dôme.

A. VERNIÈRE
Ancien président de l'Académie de Clermont.

1 vol. in-16, avec de nombreux dessins ou photographies et 3 cartes en couleurs, cart. toile. 4 fr. 50

Volumes publiés :

LE CANTAL

PAR

Marcellin BOULE
Docteur ès sciences.

Louis FARGES
Archiviste paléographe.

1 vol. in-16, avec 87 dessins ou photographies et 2 cartes en couleurs, cart. toile..... 4 fr. 50

LA LOZÈRE
CAUSSES ET GORGES DU TARN

PAR

Ernest CORD
Ingénieur agronome.

Gustave CORD
Docteur en droit.

Armand VIRÉ
Docteur ès sciences.

1 vol. in-16, avec 87 dessins ou photographies, 4 cartes en couleurs, cart. toile..... 4 fr. 50

En préparation : LA HAUTE-SAVOIE

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

HUITIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. Ph. Van Tieghem.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches et les figures dans le texte correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XIV sont complets.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. Edmond Perrier.

L'abonnement est fait pour 2 volumes, chacun d'environ 400 pages, avec les planches correspondant aux mémoires.

Ces volumes paraissent en plusieurs fascicules dans l'intervalle d'une année.

Les tomes I à XII sont complets.

Prix de l'abonnement à 2 volumes :

Paris : 30 francs. — Départements et Union postale : 32 francs.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées, pour la partie géologique, par M. Hébert, et pour la partie paléontologique, par M. A. Milne-Edwards.

Tomes I à XXII (1879 à 1891). Chaque volume ..... 15 fr.

Cette publication est désormais confondue avec celle des *Annales des Sciences naturelles.*

Prix des collections.

Première série (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.		(*Rare*)
Deuxième série (1834-1843).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Troisième série (1844-1853).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Quatrième série (1854-1863).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Cinquième série (1864-1874).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Sixième série (1875 à 1884).	Chaque partie 20 vol.	250 fr.
Septième série (1885 à 1894).	Chaque partie 20 vol.	300 fr.
Géologie, 22 volumes.		330 fr.

de la façon dont les endochlorites se comportent, en hiver, dans chacune de ces trois zones.

1° Zone péricyclique externe. — Cellules courtes ou médiocrement allongées. — Endochlorites lâchement groupés autour du noyau, les uns orientés en fuseaux, les autres disposés en fer à cheval, en demi-lune, en anneau, très souvent en croissant, et alors emboîtés les uns dans les autres dans le même sens ou en sens opposé.

2° Zone péricyclique interne. — Cellules de même calibre que les précédentes ou à peu près, mais généralement plus allongées. — Endochlorites pour la plupart orientés en fuseaux et se montrant, sous cet aspect, tantôt amassés en pelote autour du noyau, tantôt répandus isolément ou par petits groupes sur le trajet des filaments qui s'irradient autour de ce dernier.

3° Parenchyme libérien. — Cellules plus étroites, plus allongées encore. — Endochlorites de moindre volume, disposés le plus souvent en fuseaux ou en bâtonnets autour du noyau, également avec réseau.

Observations générales. — Les endochlorites des trois zones conservent ordinairement, pendant la plus grande partie de l'hiver, leur coloration à peu près normale, en passant par une double phase de décoloration plus ou moins sensible, en automne et aux approches du printemps, surtout dans les zones interne et moyenne. — Résorption complète de l'amidon. — Gymnochlorites partout très diffusibles dans l'eau, passant eux aussi par une double phase de décoloration.

Quelle que soit la zone à laquelle ils appartiennent, les endochlorites se laissent impressionner par les réactifs, pendant tout l'hiver, de la même façon que ceux de l'Épine-Vinette : réduits par l'alcool absolu et le réactif iodo-ioduré en une masse granuleuse amorphe ; isolés et rétablis pendant quelques instants, par l'acide sulfurique faible, dans leur forme lenticulaire normale.

Voyons maintenant comment ces organites se compor-

tent aux différentes phases de la régénération printanière. Nous n'aurons pour ce faire qu'à donner un court résumé de tout un ensemble d'observations patiemment suivies, deux années de suite, en 1892 et 1893.

Nous remarquerons tout d'abord que le mouvement de reviviscence des endochlorites nous a toujours paru se propager lentement en direction centripète, depuis les couches les plus externes du tissu parenchymateux péricyclique jusqu'à la limite du cambium.

Ainsi, en 1892, c'est entre le 7 et le 18 février, que ceux de la première zone commençaient à se répandre contre les parois des cellules. Le 29 du même mois, on en voyait un certain nombre adhérant à la paroi antérieure sous forme de plaques discoïdes d'une très faible coloration. Les grains-fuseaux avaient repris dès lors leur orientation normale. Quant aux grains-paillettes, j'en trouvais quelques-uns en voie de reconstitution plus ou moins complète, du 6 au 12 février, tandis que d'autres devaient passer, un peu plus tard (3 avril), par une phase ultime de réduction granuleuse.

Du 3 au 17 mars, à la suite d'un abaissement de température assez sensible, les endochlorites s'étaient de nouveau rapprochés du noyau, orientés en fuseaux pour la plupart, et ils ne reprirent définitivement leurs allures estivales que vers le 23 du même mois, au moment où les bourgeons, arrêtés quelque temps dans leur croissance, recommencèrent à s'allonger.

L'évolution printanière des grains-fuseaux de la deuxième zone est un peu plus tardive.

Le 3 février de cette même année 1892, ils se montraient encore fortement engagés dans la couche du plasma périnucléaire ou dans les délicates ramifications du réseau. Dix jours plus tard, le réseau a disparu ; les fuseaux sont en partie groupés autour du noyau, en partie répandus contre les parois, et ils restent assez longtemps en cet état, retardés sans doute dans leur évolution par l'abaissement de température signalé plus haut. Le 23 mars, ils ont enfin repris

leurs allures estivales, mais en restant encore pendant quelque temps tellement décolorés qu'on les distinguait difficilement sans le secours des réactifs.

En 1893, l'évolution des fuseaux de la deuxième zone nous a paru suivre une marche analogue, mais dans un temps plus court (16 février-12 mars), par suite de cette circonstance qu'aucune modification déprimante dans les conditions atmosphériques ne s'était produite dans l'intervalle.

Ainsi rétablis dans leur orientation normale, les endochlorites reverdissent plus ou moins rapidement, et il n'est pas rare d'en trouver alors en état de division, surtout dans les couches péricycliques les plus rapprochées du suber (4-23 mars 1892, 12 mars 1893).

Entre temps, l'amidon a reparu dans les deux zones péricycliques où, contrairement à ce qui se passe pour le mouvement de reviviscence des endochlorites, on le voit progresser en direction centrifuge.

Il se régénère beaucoup plus tôt dans les cellules parenchymateuses de la région libérienne. Je l'y trouve déjà, le 29 janvier 1892, sous forme de petits granules apparaissant comme disposés en séries moniliformes dans les endochlorites très pâles qui s'orientent pour la plupart en fuseaux autour du noyau.

Dès que la température s'est suffisamment adoucie, ces organites ne tardent pas à se mettre en mouvement, tantôt descendant tous ensemble vers le bas de la cellule où ils forment alors une masse granuleuse plus ou moins compacte, tantôt s'isolant les uns des autres, puis se ramassant de nouveau autour du noyau, et finalement se répandant de face contre les parois (mars 1893, 3 avril-20 mai 1892).

Ajoutons qu'il m'est parfois arrivé de rencontrer, au cours de ces diverses évolutions, dans la zone libérienne, des traces non équivoques de la division des plastides, sous l'aspect de bâtonnets étranglés par le milieu (vus de profil), tandis qu'elle s'opère de face dans les deux autres zones. —

Même observation dans les régions libériennes du Houx, du Lilas et du Faux-Ébénier.

Après une apparition plus ou moins prolongée dans toute l'épaisseur de l'écorce, l'amidon disparaît entièrement de la zone externe au moment de l'élongation des jeunes pousses, tandis qu'il ne subit qu'une réduction partielle dans les deux autres zones, et, qu'en pleine floraison, le 20 mai 1892, je le retrouvais déjà assez abondant dans l'étui médullaire et les rayons ligneux où il n'y en avait aucune trace vers le milieu de mars. — La floraison passée, il ne tarde pas à atteindre partout son second maximum.

Diffusibles dans l'eau en hiver, les gymnochlorites du Chèvrefeuille passent en partie, au printemps, à l'état de grains stables, pour retourner un peu plus tard, à celui de diffusibilité qui leur est le plus habituel.

L'ŒUF DES PLANTES

CONSIDÉRÉ

COMME BASE DE LEUR CLASSIFICATION

Par PH. VAN TIEGHEM (1)

Chez tous les êtres vivants, plantes ou animaux, l'œuf est formé, comme on sait, par l'union avec pénétration réciproque de deux cellules spéciales, fortement différenciées par rapport à toutes les autres cellules du corps, ne renfermant, par exemple, dans leur noyau, que la moitié du nombre normal des chromosomes, en un mot n'ayant qu'un demi-noyau, ce qui les rend stériles chacune pour son compte. Différenciées aussi l'une par rapport à l'autre, toujours dans leur structure et leur composition interne, le

(1) La série d'études que je poursuis depuis plusieurs années sur la structure de l'ovule des Phanérogames en vue d'améliorer la Classification de ces végétaux m'a conduit aussi à rechercher si, d'une façon générale, l'œuf des plantes, je veux dire l'ensemble des phénomènes qui en précèdent, en accompagnent et en suivent la formation, ne permettrait pas, en dehors de toute autre considération, d'établir, au moins jusqu'aux familles, une classification du règne végétal plus satisfaisante que celles que l'on possède aujourd'hui. A un premier examen la chose m'ayant paru possible, j'en ai voulu tenter l'exécution.

Dans ce but et à deux reprises, la première fois en 1898-1899, la seconde en 1900-1901, j'ai choisi cette grande question pour sujet de mon Cours au Muséum. A vrai dire, ce n'était là encore qu'un simple essai, l'entreprise étant trop vaste et trop difficile pour qu'on pût espérer y réussir pleinement du premier coup. Néanmoins, mes élèves et mes auditeurs ont pensé qu'il pourrait être utile à d'autres qu'à eux-mêmes d'en connaître, tout imparfaits qu'ils sont, les premiers résultats. C'est pour céder à leurs instances que je me décide à les publier ici sous une forme très succincte, me réser-

plus souvent aussi dans leur dimension, dans leur conformation externe et dans leur mode d'union, ces deux cellules, parce que leur fonction propre et nécessaire est de s'unir dans l'œuf, sont dans tous les cas appelées ensemble *gamètes* (1).

Parce qu'ils sont différents, la fusion des gamètes n'est pas un simple mélange, mais une véritable combinaison, comme l'atteste notamment la contraction qui s'opère au cours de leur pénétration mutuelle, d'où résulte que le volume de l'œuf est toujours moindre, quelquefois plus de moitié plus petit que la somme des volumes de ses deux composants. Aussi, comme dans toute combinaison et par le fait même de la combinaison, voit-on ici apparaître brusquement certaines propriétés nouvelles qui, latentes dans l'œuf, se manifestent peu à peu dans la suite de son développement, pour atteindre enfin leur pleine expression dans le corps adulte. Leur ensemble constitue alors le caractère propre de l'être vivant, sa *personnalité*, qui se mesure, en qualité et en quantité, par la nature et le nombre des différences qu'il présente dans cet état par rapport à l'être dont il procède considéré au même état, en un mot par sa *variation*.

Faible ou forte, petite ou grande, estimée dans tous les cas par sa variation, la personnalité de l'être vivant prend son origine tout entière dans l'œuf. A chaque formation d'œuf, il y a donc véritablement création d'une personnalité

vant d'y revenir ultérieurement dans une série de mémoires spéciaux, dont quelques-uns ont déjà paru récemment dans divers Recueils.

Le dessin général en étant une fois fixé, c'est seulement, en effet, par une série de retouches locales que l'œuvre pourra atteindre peu à peu le haut degré de perfection qu'elle me paraît comporter. Aussi, après avoir exposé dans toute son étendue l'état présent de la Classification nouvelle, m'appliquerai-je, dans le dernier chapitre de ce travail, d'abord à en signaler les lacunes et les défauts, puis à rechercher les moyens les plus propres à combler les unes et à corriger les autres, de manière à obtenir enfin un groupement qui, dès maintenant conforme à nos connaissances dans les diverses directions de la science, soit apte à se conserver dans l'avenir en complète harmonie avec leurs progrès.

(1) De γαμέιν, s'unir.

nouvelle. C'est la succession indéfinie dans le temps de toutes les personnes ainsi produites, chaîne dont les anneaux tous différents ne peuvent sans erreur être pris l'un pour l'autre, qui constitue la *race* de l'être considéré. Pour s'en tenir aux plantes, toutes les races, ou pour mieux dire toutes les portions de races actuellement vivantes sur la Terre et directement accessibles à l'observation, bouts de chaînes dont nous ne connaîtrons jamais que quelques anneaux, composent ensemble ce qu'on appelle le *règne végétal*, qu'il s'agit ici de classer, en prenant les choses, c'est bien le cas de le dire, *ab ovo*.

Division du règne végétal en deux sous-règnes : Diodées et Adiodées. — Chez les animaux, les gamètes prennent toujours naissance directement sur le corps adulte ; la formation de l'œuf y est toujours *directe*. Chez les plantes, l'origine des gamètes offre deux modes profondément différents, ce qui permet aussitôt de les séparer en deux groupes primordiaux.

Dans le premier, les gamètes prennent naissance directement sur le corps adulte ; la formation de l'œuf y est *directe*, comme chez tous les animaux. Dans le second, les gamètes sont produits par un corps rudimentaire, souvent de très petite dimension, préalablement formé par le corps adulte au moyen d'une cellule différenciée, qui s'en détache d'ordinaire et qui se développe alors librement dans le milieu extérieur. Ce corps rudimentaire, qui engendre les gamètes et dans lequel se forme l'œuf, a reçu le nom de *prothalle* et la cellule spéciale qui le produit, parce qu'elle établit le passage entre le corps adulte et le prothalle, celui de *diode* (1). En un mot, la formation de l'œuf y est *indirecte*.

(1) De διοδος, passage. — Il y a plus de quinze ans que, dans mon enseignement, j'ai substitué le nom de diodes à celui de spores, très improprement attribué jusqu'alors aux cellules spéciales qui engendrent les prothalles. Dans les livres qui, depuis et à diverses époques, ont résumé cet enseignement, pour ne pas rompre trop brusquement avec l'usage établi, j'ai cru devoir procéder avec plus de ménagements. Je me suis borné d'abord à faire remarquer l'incorrection du mot spores dans le cas actuel

D'après ce caractère, le règne végétal se partage donc en deux groupes, ou *sous-règnes*, que l'on nommera, le second, *Diodées* ou *Prothallées*, le premier, *Adiodées* ou *Aprothallées*.

On voit tout de suite la haute importance du groupe des Diodées au point de vue de la Biologie générale. Sans lui, en effet, le mode indirect, c'est-à-dire le mode le plus compliqué de la formation de l'œuf chez les êtres vivants, nous demeurerait totalement inconnu, puisque les animaux ne le présentent pas.

Avant d'aller plus loin, il n'est pas inutile de remarquer que la division du règne végétal ainsi obtenue par le mode de formation de l'œuf se trouve entièrement corroborée par la conformation et la structure du corps adulte. Les Diodées, en effet, ont une racine, les Adiodées n'en ont pas ; aussi appelle-t-on souvent les premières *Rhizophytes*, les secondes *Arhizophytes*. Les Diodées ont, en même temps, une canalisation intérieure, formée de tubes d'aller ou *vaisseaux*, éléments essentiels de la région du *bois*, qui conduisent dans toutes les parties du corps, et jusqu'aux extrémités des feuilles, le liquide absorbé dans le sol par les racines, et de tubes de retour ou *tubes criblés*, éléments essentiels de la région du *liber*, qui transportent dans toutes les parties du corps, et jusqu'aux extrémités des racines, la sève élaborée par les feuilles, en un mot, une canalisation *cribro-vasculaire* ou *libéro-ligneuse*, qui manque totalement aux Adiodées. Aussi nomme-t-on souvent ces deux groupes respectivement les *Vasculaires* et les *Invasculaires*.

Tout en justifiant ainsi pleinement notre première division, cette remarque nous donne en même temps confiance

et à protester contre l'emploi classique de ce terme (*Éléments de Botanique*, 1re édition, I, p. 428, en note, et p. 442, 1885). Plus tard, je me suis enhardi jusqu'à proposer d'y substituer le mot de diodes (*Traité de botanique*, 2e édition, p. 972, en note, 1890 et *Éléments de Botanique*, 3e édition, I, p. 503, en note, 1897). Aujourd'hui, la nécessité de cette substitution étant de plus en plus évidente, le temps paraît enfin venu de fixer ce progrès en la réalisant d'une manière complète et définitive. Voir sur ce point l'article intitulé : *Spores, diodes et tomies* (*Journal de Botanique*, XIII, p. 127 et p. 129, 1899).

dans l'application future de ce même ordre de caractères aux divisions ultérieures.

Les deux sous-règnes étant ainsi définis avec précision par le mode de formation de l'œuf, confirmé et justifié par la conformation et la structure du corps, considérons-les séparément, en suivant la marche ascendante du perfectionnement organique, c'est-à-dire en commençant par les Adiodées ou Aprothallées, nommées aussi Arhizophytes ou Invasculaires.

PREMIER SOUS-RÈGNE

ADIODÉES

Dans son état le plus simple, chez les Protocoques (*Protococcus*), par exemple, le corps adulte des Adiodées est continu, c'est-à-dire non cloisonné, et uninucléé, *unicellulaire*, comme on dit inexactement. Dans son état le plus compliqué, chez les Polytrics (*Polytrichum*), par exemple, il est cloisonné en cellules dans les trois directions, et profondément différencié en tige et feuilles, mais sans toutefois prendre de racines, et sans acquérir de canalisation interne cribro-vasculaire ou libéro-ligneuse. Entre ces deux extrêmes, on observe tous les intermédiaires : structure continue multinucléée, comme dans les Vauchéries (*Vaucheria*) ; structure articulaire, comme dans les Cladophores (*Cladophora*) ; structure cellulaire dans une direction, comme dans les Spirogyres (*Spirogyra*), dans deux directions, comme dans les Monostromes (*Monostroma*), dans trois directions, comme dans les Varecs (*Fucus*) ; dans ce dernier cas, le corps peut demeurer tout d'une venue, à l'état de *thalle*, comme dans les cas précédents, ou se différencier progressivement en une tige feuillée, comme on le voit notamment chez les Hépatiques.

C'est sur ce corps adulte, ainsi très diversement constitué

et très inégalement perfectionné, que naissent les gamètes et que se forme l'œuf.

Une fois formé, l'œuf se comporte de deux manières différentes, ce qui permet de subdiviser aussitôt ce sous-règne en deux groupes, ou *embranchements*.

Division du sous-règne des Adiodées en deux embranchements : Tomiées et Atomiées. — Tantôt, en effet, l'œuf est mis en liberté comme tel; puis, avec ou sans passage à l'état de vie latente, il se développe directement dans le milieu extérieur en un individu nouveau. En un mot, le développement de l'œuf est *direct* et la plante est ovipare.

Tantôt, sans se détacher du corps adulte où il s'est formé, l'œuf se développe aussitôt, sur la plante mère et à ses dépens, en un corps rudimentaire, ordinairement de petite dimension, qui produit des cellules spéciales et les met en liberté. Chacune de celles-ci se développe ensuite dans le milieu extérieur en un individu nouveau et complet, pareil à celui qui a formé l'œuf; de sorte qu'un seul œuf produit ici, en définitive, autant d'individus nouveaux qu'il a formé au préalable de cellules spéciales : d'où une rapide multiplication. A ces cellules spéciales, parce qu'elles coupent en deux tronçons très inégaux le développement de la plante à partir de l'œuf, on a donné le nom de *tomies* (1), et

(1) De τομή, coupure. — Il y a plus de quinze ans que, dans mon enseignement et dans les livres qui en ont, à diverses époques, résumé la substance, j'ai fait remarquer l'impropriété du mot spores attribué jusqu'alors à ces cellules spéciales, en protestant contre l'emploi classique de ce terme (*Éléments de Botanique*, 1re édition, I, p. 442 et p. 457, 1885). Plus tard, j'ai proposé de leur appliquer, comme aux cellules génératrices des prothalles chez les Diodées, le nom de diodes (*Traité de Botanique*, 2e édition, p. 985, en note, 1890 et *Éléments de Botanique*, 3e édition, I, p. 517, en note, 1897). C'était une faute, qui trouvait assurément son excuse dans le désir d'éviter l'introduction simultanée de deux mots nouveaux, mais qui devait cependant être corrigée. Puisque ces cellules spéciales diffèrent en réalité des diodes tout autant que celles-ci des spores, il était nécessaire de leur donner aussi un nom particulier, sous peine de ne faire disparaître qu'à moitié la confusion qui régnait sous ce rapport dans le sujet. C'est à quoi je me suis résolu dans mon Cours du Muséum en 1897, et dans les divers enseignements dont j'ai été chargé depuis cette époque. Voir sur ce point l'article intitulé : *Spores, diodes et tomies* (*Journal de Botanique*, XIII, p. 130, 1899).

au corps rudimentaire qui les produit celui de *tomiogone*. En un mot, le développement de l'œuf est *indirect* et la plante est vivipare.

De là, une subdivision du sous-règne des Diodées en deux embranchements. Les Diodées vivipares, à développement indirect de l'œuf, pourvues de tomiogone et de tomies, formeront l'embranchement des *Tomiées*. Les Diodées ovipares, à développement direct de l'œuf, dépourvues de tomiogone et de tomies, constitueront l'embranchement des *Atomiées*.

Les animaux, avons-nous dit, forment toujours leur œuf directement; ils sont tous adiodés. Ils le développent aussi toujours directement, soit tout de suite librement dans le milieu extérieur, soit d'abord sur le corps adulte et à ses dépens ; en un mot, ils sont tous atomiés. On voit par là de quelle importance est le groupe des Tomiées au point de vue de la Biologie générale. Sans lui, le mode indirect, c'est-à-dire le mode le plus compliqué du développement de l'œuf, nous demeurerait totalement inconnu, puisque les animaux ne l'offrent pas et que les Diodées ne le présentent pas non plus, comme on le verra plus tard.

Il faut, maintenant, reprendre séparément chacun de ces deux embranchements, en suivant la marche ascendante de la complication organique, c'est-à-dire en commençant par les Atomiées, où le mode de développement de l'œuf est le plus simple.

PREMIER EMBRANCHEMENT

ATOMIÉES

Le corps adulte des Atomiées offre tous les états signalés plus haut pour les Adiodées, depuis le plus simple, où il est continu et uninucléé, comme chez les Protocoques (*Protococcus*), jusqu'au plus compliqué, où il est cloisonné en cellules dans les trois directions, et nettement différencié en

tige et feuilles, comme dans les Charagnes (*Chara*).

Formé directement sur ce corps adulte, l'œuf est aussitôt mis en liberté, et, avec ou sans passage à l'état de vie latente, se développe directement dans le milieu extérieur en une plante nouvelle. Mais si l'on considère les deux gamètes et la manière dont ils s'unissent, on voit qu'ils offrent deux manières d'être, qui permettent de distinguer aussitôt dans l'embranchement deux groupes primaires, ou *classes*.

Division de l'embranchement des Atomiées en deux classes : les Isogames et les Hétérogames. — Dans l'un, les deux gamètes sont de même forme, de même dimension, et font aussi pour s'unir chacun la moitié du chemin, de façon que rien ne les distingue à l'extérieur et que leur différenciation demeure tout interne. C'est cette similitude externe qu'on exprime en disant qu'il y a *isogamie*. Dans l'autre, les deux gamètes diffèrent à la fois par la forme, par la dimension, et l'un d'eux fait d'ordinaire tout le chemin pour s'unir à l'autre, qui reste en place, de façon que leur différenciation interne est ainsi triplement accusée au dehors. C'est cette dissemblance externe qu'on exprime en disant qu'il y a *hétérogamie*. On peut alors appliquer aux gamètes des noms différents, appeler *oosphère* le plus grand, ordinairement sphérique, immobile et restant en place, *anthérozoïde* le plus petit, ordinairement allongé, mobile et faisant tout le chemin pour s'unir au premier; on dit aussi que le premier est *femelle*, le second *mâle*, et qu'il y a *sexualité*.

De là une subdivision de l'embranchement des Atomiées en deux classes : les *Isogames* et les *Hétérogames*.

PREMIÈRE CLASSE

Atomiées isogames.

Considérons maintenant chacune de ces deux classes, en suivant la marche ascendante du perfectionnement, c'est-à-

dire en commençant par les Isogames, où les gamètes offrent le minimum de différenciation.

Tout en étant pareils à l'extérieur, les gamètes des Isogames se présentent sous quatre aspects différents, qui permettent de caractériser dans cette classe autant de subdivisions primaires, ou *ordres*.

Division de la classe des Atomiées isogames en quatre ordres. — Chez certaines de ces plantes, en effet, les deux gamètes demeurent enfermés dans le corps adulte qui les a produits et c'est ce corps qui, établissant entre eux un tube de communication, leur permet de se réunir pour former l'œuf. Dans les autres, les deux gamètes sont, au contraire, mis en liberté dans le milieu extérieur.

Tantôt ils y sont alors immobiles et c'est passivement qu'ils arrivent au contact pour s'unir et former l'œuf. Tantôt ils y sont mobiles à l'aide de cils vibratiles et se dirigent l'un vers l'autre pour s'unir et former l'œuf.

Dans le second cas, les cils vibratiles y sont attachés de deux manières différentes et impriment aussi au mouvement deux allures différentes. Tantôt, en effet, ils s'insèrent, en nombre variable et tous de même sorte, à l'extrémité antérieure du gamète. Tantôt ils sont fixés au nombre de deux sur le flanc du gamète et se dirigent l'un en avant faisant fonction de rame, l'autre en arrière, faisant fonction de gouvernail.

De là, une division de la classe en quatre ordres, que l'on nommera respectivement, d'après la famille la plus importante ou la plus anciennement connue, les *Zygnéminées*, les *Diatominées*, les *Confervinées* et les *Laminarinées*, division que résume le tableau suivant, où les groupes sont échelonnés suivant la marche ascendante du perfectionnement :

Isogames. Gamètes	libres et	mobiles avec cils vibratiles	latéraux et dissemblables..	*Laminarinées.*
			terminaux et semblables..	*Confervinées.*
		immobiles.		*Diatominées.*
	captifs, s'unissant par un tube.....			*Zygnéminées.*

Reprenons maintenant chacun de ces ordres, en suivant cette même marche, c'est-à-dire en commençant par les Zygnéminées, pour voir comment il se décompose en groupes de valeur moindre, ou *familles*.

Division de l'ordre des Zygnéminées en deux familles. — L'ordre des Zygnéminées est formé de plantes aquatiques, dont le corps, cloisonné en cellules dans une seule direction, forme un filament simple et renferme des leucites où la chlorophylle n'est mélangée d'aucun pigment étranger, en un mot, des chloroleucites. Les cellules en regard de deux filaments voisins s'envoient l'une vers l'autre un prolongement latéral en forme de papille. Arrivées au contact, ces deux papilles se soudent et se percent au sommet en formant un canal de communication entre les deux cellules. Puis chacune d'elles forme un gamète et les deux gamètes, s'engageant en même temps dans le canal, se rencontrent au milieu et s'y unissent pour former l'œuf. Mais le phénomène subit deux modications, qui permettent de distinguer deux familles.

Tantôt, en effet, tout le corps protoplasmique de chaque cellule en regard se contracte et se sépare de la membrane cellulosique pour former le gamète correspondant, qui est ainsi nettement individualisé : c'est la famille des *Zygnémacées*. Tantôt le corps protoplasmique de chaque cellule en regard ne se contracte pas, ne se sépare pas de la membrane cellulosique; c'est seulement sa région centrale, renfermant le noyau et le chloroleucite, qui, sans se séparer nettement du reste, passe dans le canal et s'unit à son congénère de l'autre cellule pour former l'œuf; ici les deux gamètes sont donc bien moins individualisés que dans le premier cas : c'est la famille des *Mésocarpacées*, nettement inférieure sous ce rapport à la précédente.

Remarquons que, chez les Zygnémacées, il arrive, notamment dans les Spirogyres (*Spirogyra*), que l'un des gamètes, prenant l'avance sur l'autre, se forme le premier, s'engage dans le canal et, n'y rencontrant pas d'obstacle,

pénètre dans la cellule en regard pour s'y unir à l'autre, demeuré en place, et former l'œuf. C'est un commencement d'hétérogamie, et l'on peut déjà nommer mâle le gamète en avance, qui fait tout le chemin, femelle le gamète en retard, qui reste en place.

Composé de ces deux familles, l'ordre des Zygnéminées a sa constitution résumée dans le tableau suivant :

ZYGNÉMINÉES. Gamètes formés par	toute la cellule mère, avec contraction.....	*Zygnémacées.*
	une partie de la cellule mère, sans contraction.....	*Mésocarpacées.*

Division de l'ordre des Diatominées en trois familles. — Les Diatominées sont toutes des plantes aquatiques dont le corps, cloisonné dans une seule direction en cellules à membrane silicifiée, est un filament simple, ordinairement dissocié dans ses cellules constitutives par la gélification de la lamelle moyenne des cloisons. Ainsi séparées, ces cellules se meuvent dans le liquide par contractilité générale. Leur protoplasme renferme toujours des leucites où la chlorophylle est mélangée de phycophéine qui en masque la couleur, en un mot, des phéoleucites. Mais ces phéoleucites y offrent trois dispositions différentes, qui caractérisent autant de familles.

S'il n'y en a qu'un seul par cellule, en forme de plaque : c'est la famille des *Cymbellacées*.

S'il y en a deux, également en forme de plaques parallèles, c'est la famille des *Surirellacées*.

S'il y en a un grand nombre en forme de petits grains, c'est la famille des *Diatomacées*, type de l'ordre.

Cette composition de l'ordre des Diatominées en trois familles est résumée dans le tableau suivant :

DIATOMINÉES. Phéoleucites	nombreux, en grains.....	*Diatomacées.*
	par deux, en plaques.....	*Surirellacées.*
	solitaires, en plaques.....	*Cymbellacées.*

Division de l'ordre des Confervinées en six familles. — Les

Confervinées sont toutes des plantes aquatiques où le protoplasme, recouvert comme d'ordinaire par une membrane cellulosique, renferme des leucites colorés en vert pur par la chlorophylle, sans mélange de pigment étranger, en un mot, des chloroleucites. Mais la conformation du corps présente cinq degrés de complication, dont l'un offre, dans la production de ses gamètes, deux manières d'être différentes, ce qui permet de caractériser six familles.

Si le corps, qui demeure très petit, est continu et uninucléé, *unicellulaire* comme on dit à tort, c'est la famille des *Protococcacées*. Si, grandissant davantage et multipliant à mesure ses noyaux, il demeure pourtant continu, sans cloisons, allongé d'ordinaire en un tube diversement ramifié, c'est la famille des *Bryopsacées*. Avec la même structure, il arrive quelquefois que les gamètes ne prennent pas directement naissance sur le corps adulte. Celui-ci produit alors des cellules spéciales immobiles, qu'il met en liberté, et qui, plus tard, après un passage à l'état de vie latente, engendrent les gamètes ciliés qui s'unissent pour former les œufs. Ces cellules spéciales, génératrices de gamètes, peuvent être nommées *gamétogones*. Cette propriété singulière, où l'on peut voir déjà une tendance à la formation de diodes, caractérise la famille des *Acétabulariacées*.

Si le corps, en grandissant, se cloisonne dans une seule direction en tronçons multinucléés, ou articles, de manière à former un filament articulaire, simple ou ramifié, c'est la famille des *Cladophoracées*. S'il se cloisonne dans une seule direction en compartiments uninucléés, c'est-à-dire en cellules, de manière à former un filament cellulaire, simple ou ramifié, c'est la famille des *Confervacées*. S'il se cloisonne en cellules dans les deux directions du plan, de manière à former une simple lame, comme dans les Monostromes (*Monostroma*), en y ajoutant parfois un cloisonnement unique dans la troisième direction, de manière à doubler cette lame, comme dans les Ulves (*Ulva*), c'est la famille des *Ulvacées*.

Cette division de l'ordre des Confervinées en six familles est résumée dans le tableau suivant :

CONFERVINÉES. Corps.....	cellulaire,	membraneux.....	*Ulvacées.*
		filamenteux.....	*Confervacées.*
	articulaire.....		*Cladophoracées.*
	continu,	multinucléé. Gamètes formés	indirectement. *Acétabulariacées.*
			directement.. *Bryopsacées.*
		uninucléé.....	*Protococcacées.*

Division de l'ordre des Laminarinées en deux familles. — Les Laminarinées sont encore des plantes aquatiques dont le corps, toujours cloisonné en cellules à membrane cellulosique ordinaire, renferme des leucites colorés à la fois par de la chlorophylle et par de la phycophéine qui en masque la couleur propre, en un mot, des phéoleucites, comme chez les Diatominées.

Si le cloisonnement ne s'y opère que dans une seule direction, de manière à former un filament rameux, c'est la famille des *Ectocarpacées*. S'il a lieu dans les trois directions, de façon à constituer une lame plus ou moins épaisse ou un cordon massif, où s'opère quelquefois une différenciation progressive en tige et feuilles, c'est la famille des *Laminariacées*.

Cette composition de l'ordre des Laminarinées en deux familles est résumée par le tableau suivant :

LAMINARINÉES. Corps	massif.....	*Laminariacées.*
	filamenteux.....	*Ectocarpacées.*

Résumé de la classe des Atomiées isogames. — Il suffit maintenant de superposer ces quatre tableaux partiels, dans l'ordre où ils ont été tracés, c'est-à-dire de bas en haut, pour obtenir le tableau d'ensemble résumant la composition de la classe des Atomiées isogames en quatre ordres et treize familles. Malgré l'isogamie, qui en est le caractère constant, la formation de l'œuf va pourtant se perfectionnant par degrés dans cette classe, à mesure qu'on s'y élève des Mésocarpacées, où elle est la plus simple, aux Laminariacées, où elle est la plus compliquée.

DEUXIÈME CLASSE

Atomiées hétérogames.

Chez les Atomiées hétérogames, les deux gamètes sont, comme on le sait, différenciés plus ou moins fortement à l'extérieur et portent, en conséquence, des noms différents : l'un est une oosphère, l'autre un anthérozoïde. On nomme *oogone* la cellule mère des oosphères, *anthéridie* la cellule mère des anthérozoïdes.

Division de la classe des Atomiées hétérogames en cinq ordres. — Différenciés ainsi, les gamètes peuvent affecter cinq manières d'être distinctes, qui permettent de subdiviser la classe en autant de groupes primaires, ou ordres.

Tantôt, en effet, ils sont tous les deux mis en liberté dans le milieu extérieur, où ils se rencontrent pour s'unir et former l'œuf. Tantôt l'oosphère reste en place dans l'oogone, l'anthérozoïde seul est mis en liberté. Dans le premier cas, les gamètes libres peuvent être tous les deux immobiles, ou tous les deux mobiles à l'aide de cils vibratiles, ou l'un immobile, l'oosphère, l'autre mobile à l'aide de cils vibratiles, l'anthérozoïde.

Dans le second cas, l'anthérozoïde est toujours mobile et parvient à l'oosphère en passant par un orifice de la membrane de l'oogone. Mais tantôt l'oogone est nu, tantôt il est enveloppé d'une assise de cellules protectrices que l'anthérozoïde est forcé de traverser pour accéder d'abord à l'oogone, puis à l'oosphère. Cet ensemble compliqué, dont l'oogone n'est que la cellule centrale, a reçu le nom d'*archégone*.

De là cinq ordres, que l'on nommera respectivement, d'après leur famille type, les *Dictyotinées*, les *Cutlérinées*, les *Fucinées*, les *Volvocinées* et les *Charinées*, et dont les caractères différentiels sont résumés dans le tableau suivant :

HÉTÉROGAMES.	Gamètes	un libre et mobile, l'autre captif dans	un archégone.	*Charinées.*
			un oogone nu.	*Volvocinées.*
		tous deux libres,	un immobile, l'autre mobile	*Fucinées.*
			mobiles	*Cutlérinées.*
			immobiles	*Dictyotinées.*

Reprenons maintenant chacun de ces ordres, pour voir comment il se décompose en familles.

Division de l'ordre des Dictyotinées en familles. — L'ordre des Dictyotinées ne comprend qu'une seule petite famille, les *Dictyotacées*, plantes marines, où le corps est cloisonné en cellules dans les trois directions, avec leucites colorés à la fois par la chlorophylle et la phycophéine, en un mot, avec phéoleucites. Il correspond à l'ordre des Diatominées dans la classe des Isogames.

Division de l'ordre des Cutlérinées en familles. — L'ordre des Cutlérinées ne renferme également qu'une seule famille, les *Cutlériacées*, plantes marines, dont le corps est cellulaire, massif et pourvu de phéoleucites, comme chez les Dictyotacées. L'oogone y est pluricellulaire et produit dans chaque cellule une oosphère; l'anthéridie, également pluricellulaire, produit dans chaque cellule huit anthérozoïdes. L'oosphère est donc plus grosse que l'anthérozoïde, mais elle se meut, comme lui, à l'aide de deux cils vibratiles, insérés sur le flanc et dirigés, l'un en avant pour servir de rame, l'autre en arrière pour faire fonction de gouvernail. On voit par là que cet ordre correspond à celui des Laminarinées dans la classe des Isogames.

Division de l'ordre des Fucinées en deux familles. — Comme les deux précédents, l'ordre des Fucinées est formé de plantes marines dont le corps, cloisonné en cellules dans les trois directions, est pourvu de phéoleucites. La formation des anthérozoïdes s'y opère suivant deux modes différents, qui caractérisent deux familles distinctes.

Dans l'une, l'anthéridie est multicellulaire et produit dans chaque cellule un seul anthérozoïde : c'est la famille des *Tiloptéridacées*. Dans l'autre, elle est unicellulaire et forme

soixante-quatre anthérozoïdes : c'est la famille des *Fucacées*. Partout, d'ailleurs, l'anthérozoïde a la même forme et se meut avec deux cils attachés latéralement et dirigés l'un en avant, l'autre en arrière, c'est-à-dire comme dans les deux sortes de gamètes des Cutlériacées.

Cette division de l'ordre des Fucinées en deux familles est résumée dans le tableau suivant :

Fucinées.	Anthéridie	unicellulaire.....	*Fucacées.*
		multicellulaire.....	*Tiloptéridacées.*

Division de l'ordre des Volvocinées en deux familles. — Les Volvocinées sont des plantes aquatiques dont les leucites sont colorés par de la chlorophylle pure, sans mélange de pigment étranger, en un mot, sont des chloroleucites. D'après la conformation très différente du corps, on y distingue deux familles.

Dans l'une, le corps est continu et multinucléé, formé d'un tube ramifié sans cloisons : c'est la famille des *Vauchériacées*. Dans l'autre, le corps est cloisonné en cellules, munies chacune de deux cils vibratiles sur leur face externe, et se meut en conséquence dans le liquide ambiant : c'est la famille des *Volvocacées*.

Cette division de l'ordre des Volvocinées en deux familles est résumée dans le tableau suivant :

Volvocinées.	Corps	cellulaire et mobile.....	*Volvocacées.*
		continu et immobile.....	*Vauchériacées.*

Division de l'ordre des Charinées en familles. — L'ordre des Charinées ne renferme qu'une seule famille, les *Characées*, plantes aquatiques dont le corps, cloisonné en cellules dans les trois directions et pourvu de chloroleucites, est nettement différencié en tige et feuilles. Par là, comme aussi par la présence d'un archégone et par la forme spiralée de l'anthérozoïde, cet ordre occupe le rang le plus élevé dans la classe des Atomiées hétérogames.

Résumé de la classe des Atomiées hétérogames. — En superposant les groupes de bas en haut dans la succession

où ils viennent d'être exposés, on obtient la composition de la classe tout entière des Atomiées hétérogames en cinq ordres et sept familles.

Résumé de l'embranchement des Atomiées. — En superposant le tableau de la classe des Hétérogames à celui de la classe des Isogames, tel qu'il a été indiqué plus haut (p. 225), on obtient le tableau d'ensemble suivant, qui résume la classification de l'embranchement des Atomiées en deux classes, neuf ordres et vingt familles.

ATOMIÉES.	HÉTÉROGAMES..	CHARINÉES.....	*Characées.*
		VOLVOCINÉES.....	*Volvocacées.* *Vauchériacées.*
		FUCINÉES.....	*Fucacées.* *Tilopteridacées.*
		CUTLÉRINÉES.....	*Cutlériacées.*
		DICTYOTINÉES.....	*Dictyotacées.*
		LAMINARINÉES....	*Laminariacées.* *Ectocarpacées.*
	ISOGAMES.....	CONFERVINÉES....	*Ulvacées.* *Confervacées.* *Cladophoracées.* *Acétabulariacées.* *Bryopsacées.* *Protococcacées.*
		DIATOMINÉES.....	*Diatomacées.* *Surirellacées.* *Cymbellacées.*
		ZYGNÉMINÉES.....	*Zygnémacées.* *Mésocarpacées.*

On remarquera que toutes les plantes de cet embranchement sont aquatiques et pourvues de chlorophylle, pure ou mélangée de phycophéine, vertes ou brunes. Elles sont toutes, par conséquent, aptes à absorber les radiations lumineuses, à décomposer à leur aide le gaz carbonique dissous dans l'eau ambiante, et à faire la synthèse des hydrates de carbone. En un mot, elles appartiennent toutes à ce vaste ensemble de végétaux que l'on a l'habitude de nommer les *Algues*, ensemble extrêmement hétérogène,

qui ne peut plus désormais, à aucun titre, être considéré comme un groupe naturel, et qui doit disparaître comme tel de toute Classification véritablement scientifique.

DEUXIÈME EMBRANCHEMENT

TOMIÉES

Le corps adulte des Tomiées offre, comme celui des Atomiées, tous les états de complication, depuis le plus simple, où il est continu et uninucléé, jusqu'au plus perfectionné, où il est cloisonné en cellules dans les trois directions et nettement différencié en tige et feuilles. Mais ici cette dernière conformation est beaucoup plus fréquente, et par conséquent, le groupe s'élève plus haut que le précédent sur l'échelle de la perfection.

Division de l'embranchement des Tomiées en deux classes : les Isogames et les Hétérogames. — On y observe aussi, dans le mode de formation de l'œuf, les diverses modifications rencontrées chez les Atomiées, et, en premier lieu, la similitude externe ou la dissemblance externe des gamètes, qui permet de diviser cet embranchement, comme le précédent, en deux classes : les *Isogames* et les *Hétérogames*. Dans chacune de ces deux classes, aux divers modes de la formation de l'œuf s'ajoutent les divers modes de son développement indirect, c'est-à-dire les diverses conformations du tomiogone et des tomies. Il en résulte une classification plus compliquée.

PREMIÈRE CLASSE

Tomiées isogames.

Semblables de tout point à l'extérieur, les gamètes des Tomiées isogames se comportent pourtant de diverses manières pour former l'œuf, et il en résulte une subdivision de la classe en autant de groupes secondaires, ou ordres.

Division de la classe des Tomiées isogames en cinq ordres. — Tantôt, en effet, les gamètes sont retenus à l'intérieur du corps adulte, qui les met lui-même en communication. Tantôt, au contraire, ils sont mis en liberté dans le milieu ambiant.

Dans le premier cas, le développement de l'œuf s'opère suivant trois modes différents. Tantôt l'œuf passe d'abord comme tel à l'état de vie latente et plus tard germe en produisant, au dépens de ses seules réserves, un tomiogone à tomies endogènes, réduit à la cellule mère des tomies, c'est-à-dire à un tomiange. Tantôt il se développe aussitôt, sur la plante mère et à ses dépens, en un pareil tomiogone réduit à un tomiange. Tantôt, enfin, il commence bien encore à se développer sur la plante mère et à ses dépens, mais bientôt il s'arrête en route et passe, sous une forme plus ou moins compliquée, à l'état de vie latente, formant ainsi ce qu'on peut appeler un *protomiogone*. Plus tard, ce corps germe, reprend sa croissance interrompue et donne, en définitive, un tomiogone à tomies endogènes, où la cellule mère des tomies, le tomiange, est portée sur un pédicelle plus ou moins long.

Dans ce groupe, qui correspond tout entier à l'ordre des Zygnéminées chez les Atomiées isogames, il y a donc lieu de distinguer trois ordres, qu'on nommera d'après leur famille type. Lorsque le développement de l'œuf en tomiogone est, comme d'ordinaire, continu, s'il s'opère après passage à l'état de vie latente et librement, c'est l'ordre des *Desmidinées*; s'il se fait immédiatement et aux dépens de la plante mère, c'est l'ordre des *Érémascinées*. Lorsque le développement de l'œuf est discontinu, interrompu par la formation d'un protomiogone, c'est l'ordre des *Mucorinées*.

Dans le second cas, où ils sont mis en liberté dans le milieu extérieur, les gamètes s'y meuvent toujours à l'aide de cils vibratiles, et ces cils sont toujours terminaux. L'immobilité, qui, chez les Atomiées isogames, caractérisait l'ordre des Diatominées, ne se rencontre pas ici, non plus que la disposition latérale des cils vibratiles, qui y caractéri-

sait l'ordre des Laminarinées. De façon que le groupe tout entier correspond à l'ordre des Confervinées. Mais le mode de développement de l'œuf en tomiogone y suit deux marches différentes.

Tantôt l'œuf produit un tomiogone à tomies endogènes, qui se dispersent et germent plus tard, comme d'ordinaire, directement en autant d'individus nouveaux. Tantôt il forme d'abord un pareil tomiogone, mais les tomies qui en procèdent produisent autant de nouveaux tomiogones, et ce sont seulement les tomies secondaires, issues de ceux-ci, qui donnent autant d'individus nouveaux. Il s'opère alors, à partir de l'œuf, une double multiplication. De là, deux ordres distincts, qu'on nommera, d'après leur famille type, le premier les *Pandorininées*, le second les *Hydrodictyinées*.

Cette division de la classe des Tomiées isogames en cinq ordres est résumée dans le tableau suivant :

Isogames. Gamètes	libres et mobiles. Tomiogone....	double		*Hydrodictyinées.*
		simple		*Pandorininées.*
	captifs et immobiles. Tomiogone...	discontinu, à protomiogone..		*Mucorinées.*
		continu, à développement	immédiat et dépendant.	*Érémascinées.*
			tardif et libre.	*Desmidinées.*

Reprenons maintenant chacun de ces ordres, en suivant la marche ascendante du perfectionnement, pour voir comment il se décompose en familles.

Division de l'ordre des Desmidinées en familles. — L'ordre des Desmidinées ne comprend qu'une seule famille, les *Desmidiacées*, plantes aquatiques, dont le corps, pourvu de chloroleucites, est cloisonné en cellules dans une seule direction et constitue un filament simple, dont les cellules se dissocient d'ordinaire et se meuvent dans le liquide par contractilité générale, comme on l'a vu plus haut chez les Diatominées. Formé dans un canal de communication établi entre les deux cellules génératrices des gamètes, comme chez les Zygnéminées parmi les Atomiées isogames, l'œuf passe d'abord à l'état de vie latente; plus tard seulement, et librement, c'est-à-dire aux dépens de ses seules réserves,

il se développe en un tomiange renfermant deux ou quatre tomies immobiles, qui produisent ensuite chacune un corps adulte nouveau.

Division de l'ordre des Erémascinées en deux familles. — L'ordre des Erémascinées se compose de plantes terrestres et aériennes, dont le corps, dépourvu de chlorophylle, est cloisonné en cellules dans une seule direction et forme un filament ramifié, dont les cellules demeurent associées et immobiles. Entre deux cellules voisines d'un même filament s'établit un canal de communication en forme d'anse, dans lequel se rendent en même temps les deux gamètes produits par ces cellules, et l'œuf se forme au milieu du canal. Il s'y développe aussitôt, sur la plante mère et à ses dépens, en un tomiange.

Celui-ci, tantôt demeure sphérique et ne produit que huit tomies : c'est la famille des *Erémascacées*. Tantôt il s'allonge davantage et forme un nombre très grand et indéterminé de tomies : c'est la famille des *Dipodascacées*. Dans les deux cas, les tomies sont immobiles et se disséminent dans le milieu extérieur, où elles germent plus tard en produisant en définitive autant de nouveaux corps adultes.

Cette division de l'ordre des Erémascinées en deux familles est résumée dans le tableau suivant :

Erémascinées.	Tomiange	sphérique, à huit tomies.....	*Erémascacées.*
		allongé, à nombreuses tomies.	*Dipodascacées.*

Division de l'ordre des Mucorinées en trois familles. — L'ordre si singulier des Mucorinées se compose de plantes terrestres et aériennes, dépourvues de chlorophylle, dont le corps, continu et multinucléé, a la forme d'un filament ramifié.

Pour former l'œuf, deux rameaux, droits ou courbés en mors de pince, vont à la rencontre l'un de l'autre, après avoir découpé chacun à son extrémité une cellule mère de gamète, et établissent ces deux cellules en contact intime. La double membrane se résorbe et les deux gamètes s'unissent pour former l'œuf, entouré par la membrane primitive

des deux cellules mères. Il se développe aussitôt, sur la plante mère et à ses dépens, en un protomiogone, qui passe à l'état de vie latente et plus tard s'accroît en un tomiogone formé de deux parties : un pédicelle stérile, plus ou moins long, et un tomiange.

Mais le protomiogone offre dans sa constitution trois aspects différents, qui permettent de caractériser autant de familles distinctes. Tantôt, en effet, il est nu, les deux rameaux générateurs qui le portent ne se ramifiant pas autour de lui. Tantôt, au contraire, il est bientôt enveloppé par des ramuscules, diversement disposés et enchevêtrés, issus des deux rameaux générateurs, qui lui forment un tégument protecteur. Dans le premier cas, ou bien le protomiogone nu est compris entre les deux rameaux générateurs, droits ou courbes : c'est la famille des *Mucoracées* ; ou bien il surmonte les deux rameaux générateurs appliqués parallèlement l'un contre l'autre ; c'est la famille des *Syncéphalidacées*. Dans le second, où il est protégé, il est toujours compris entre les rameaux, droits ou courbes, qui le portent : c'est la famille des *Mortiérellacées*.

Ainsi composé de trois familles, l'ordre des Mucorinées a sa composition résumée dans le tableau suivant :

Mucorinées. Protomiogone	enveloppé		*Mortiérellacées.*
	nu,	terminal	*Syncéphalidacées.*
		intercalaire	*Mucoracées.*

Division de l'ordre des Pandorininées en familles. — L'ordre des Pandorininées ne comprend qu'une seule famille, les *Pandorinacées*, plantes aquatiques, dont le corps, pourvu de chloroleucites, est cloisonné en cellules munies chacune de deux cils vibratiles, qui lui permettent de se mouvoir dans le liquide ambiant, comme celui des Volvocacées parmi les Atomiées hétérogames.

Formé dans le milieu extérieur, l'œuf s'y développe en un simple tomiange, qui renferme d'ordinaire quatre tomies pourvues de deux cils antérieurs, comme dans la Stéphanosphère (*Stephanosphæra*), mais qui peut aussi n'en contenir

qu'une seule, comme dans la Pandorine (*Pandorina*). Dans les deux cas, chaque tomie se cloisonne en cellules, ciliées comme elle, et donne directement un corps adulte.

La Pandorine offre évidemment le cas le plus simple du développement indirect de l'œuf. En d'autres termes, c'est chez elle que le tomiogone fait sa première apparition.

Division de l'ordre des Hydrodictyinées en deux familles. — Chez les Hydrodictyinées, la structure du corps, toujours aquatique et pourvu de chloroleucites, offre deux aspects différents, qui permettent d'y distinguer deux familles.

Tantôt il demeure très petit, sans cloisons et avec un seul noyau, pareil à ce qu'il est chez les Protococcacées, parmi les Atomiées isogames ; mais ces *cellules*, comme on les appelle à tort, ici aussi, s'unissent de très bonne heure plusieurs ensemble et se soudent intimement en un corps composé, diversement conformé. Une telle association de corps simples, pour former un corps composé, a reçu, en général, le nom de *cénobe*. Ici le cénobe est formé de corps continus et uninucléés : c'est la famille des *Pédiastracées*. L'œuf s'y développe d'abord en un tomiange, contenant un petit nombre de grandes tomies ciliées, qui se dispersent dans le liquide ambiant. Puis, chacune d'elles se fixe, s'entoure d'une membrane cellulosique, grandit, et produit enfin dans son intérieur un grand nombre de petites tomies ciliées. Sans se disperser dans le milieu extérieur, celles-ci se fixent bientôt sur place et en grandissant, s'unissent entre elles pour former le cénobe. Il y a donc ici deux générations successives de tomies, des tomies primaires libres et des tomies secondaires captives. En conséquence, l'œuf produit autant de cénobes que de tomies primaires et chaque cénobe a autant de corps élémentaires que de tomies secondaires.

Tantôt le corps grandit beaucoup et multiplie ses noyaux, mais sans prendre davantage de cloisons; sa structure est continue et multinucléée, comme chez les Bryopsacées et les Acétabulariacées, parmi les Atomiées isogames. Mais ici, plusieurs de ces corps s'unissent de très

bonne heure en réseau et se soudent intimement en un corps composé, qui est encore un cénobe, mais un cénobe de corps continus et multinucléés : c'est la famille des *Hydrodictyacées*. L'œuf s'y développe comme chez les Pédiastracées, c'est-à-dire donne successivement deux générations de tomies. Les tomies secondaires y sont extrêmement nombreuses ; d'où le très grand nombre de corps élémentaires qui entrent dans la composition du cénobe réticulé.

Cette division de l'ordre des Hydrodictyinées en deux familles est résumée dans le tableau suivant :

Hydrodictyinées. Cénobe à corps élémentaires	multinucléés.....	*Hydrodictyacées.*
	uninucléés.....	*Pédiastracées.*

Résumé de la classe des Tomiées isogames. — En superposant ces divers groupes dans la succession où l'on vient de les étudier, on obtient un tableau résumant la constitution de la classe des Tomiées isogames, avec ses cinq ordres et ses neuf familles.

Ainsi composée, cette classe renferme quatre familles de ces plantes aquatiques à chlorophylle, que l'on a l'habitude de réunir sous le nom d'*Algues*, comme il a été dit plus haut (p. 229), et cinq familles de ces autres plantes, aériennes ou terrestres et dépourvues de chlorophylle, dont on a l'habitude de désigner l'ensemble sous le nom de *Champignons*, ensemble qui est, comme celui des Algues, dépourvu de toute valeur comme groupe naturel et qui doit, en conséquence, disparaître comme tel de toute Classification vraiment scientifique.

DEUXIÈME CLASSE

Tomiées hétérogames.

Chez les Tomiées hétérogames, la différenciation externe des gamètes, d'abord très faible, suit une marche progressivement ascendante et s'y fixe à divers degrés, qui permettent d'y reconnaître autant d'ordres distincts.

Division de la classe des Tomiées hétérogames en neuf ordres. — Tout d'abord, les deux gamètes demeurent captifs dans leurs cellules mères et ce sont celles-ci qui s'établissent en contact pour leur permettre de s'unir. Alors, de deux choses l'une. Ou bien ni l'un ni l'autre des deux gamètes ne s'individualise dans sa cellule mère en se séparant de sa membrane et prenant forme à l'intérieur ; en d'autres termes, c'est le corps protoplasmique tout entier de la cellule mère qui constitue tel quel le gamète correspondant. Ou bien l'un des deux gamètes, qui est l'oosphère, s'individualise dans sa cellule mère, l'autre pas. La troisième manière d'être, où les gamètes s'individualiseraient tous les deux dans leurs cellules mères, comme cela a lieu, par exemple, avec isogamie, chez les Zygnémacées parmi les Atomiées isogames et chez les Desmidiacées parmi les Tomiées isogames, n'a pas ici de représentants.

La première manière d'être offre à son tour deux degrés. Il peut arriver que les deux cellules mères des gamètes soient semblables de forme et de grandeur, ne différant que parce que l'une déverse son contenu dans l'autre pour y former l'œuf. C'est là le premier degré de l'hétérogamie, déjà rencontré une fois, à l'état d'exception, parmi les Atomiées isogames, chez les Spirogyres. Il caractérise un ordre, dont les *Entomophthoracées* sont la famille type et qu'on nommera les *Entomophthorinées*.

Ailleurs et plus souvent, les deux cellules mères des gamètes diffèrent aussi par la forme et par la grandeur, et c'est la plus petite et la plus grêle qui déverse son contenu dans la plus grande et la plus renflée, où se forme l'œuf. Il y a alors nettement anthéridie et oogone, sans qu'il y ait pourtant encore anthérozoïde et oosphère individualisés. Cette disposition suffit à caractériser un ordre, dont les *Erysibacées* sont la famille type et qu'on nommera les *Erysibinées*.

Dans la seconde manière d'être, les deux cellules mères de gamètes en contact se montrent très différenciées dans leur forme et dans leur grandeur, comme dans le cas pré-

cédent : mais en outre la plus grande, l'oogone, produit dans son intérieur une ou plusieurs oosphères fortement individualisées ; tandis que la plus petite, l'anthéridie, se borne à déverser dans chaque oosphère une partie, non individualisée au préalable, de son contenu. Il y a déjà une oosphère, il n'y a pas encore d'anthérozoïde. Cet état de choses caractérise un ordre dont les *Péronosporacées* sont la famille type et qu'on nommera les *Péronosporinées*.

Un pas de plus, et les gamètes sont individualisés tous les deux, l'oosphère dans l'oogone, l'anthérozoïde dans l'anthéridie. Alors l'oosphère demeure toujours captive dans l'oogone où elle a pris naissance et où elle est toujours solitaire, tandis que l'anthérozoïde est toujours mis en liberté dans le milieu extérieur. Les choses se présentent alors sous trois aspects différents.

Tantôt l'oogone s'ouvre au dehors en perçant sa membrane d'un ou de plusieurs orifices et l'anthérozoïde, qui est mobile dans le milieu extérieur, pénètre dans l'oogone par l'ouverture et va s'unir à l'oosphère pour former l'œuf. Cette disposition caractérise un ordre, dont la famille des *Œdogoniacées* est le type et qu'on nommera les *Œdogoninées*.

Tantôt l'oogone demeure fermé et l'anthérozoïde est immobile, revêtu d'une membrane cellulosique. Déposé passivement sur l'oogone, il y germe, en perce la membrane et en même temps sa propre membrane cellulosique, et déverse son corps protoplasmique dans l'oosphère pour former l'œuf. Cet état de choses est réalisé par deux groupes différents. Dans l'un, l'œuf se développe en un simple tomiange : c'est l'ordre dont les *Bangiacées* sont la famille type et qu'on nommera les *Banginées*. Dans l'autre, l'œuf se développe en un système de filaments cellulaires rameux, terminés par des tomies solitaires, ou en chapelets, en un mot, en un tomiogone complexe à tomies exogènes ; c'est l'ordre dont les *Némaliacées* sont la famille type et qu'on nommera les *Némalinées*.

Tantôt l'oogone est encore fermé, l'anthérozoïde immo-

bile enveloppé de cellulose et l'œuf se forme comme il vient d'être dit; mais l'oogone n'est pas nu, comme il était jusqu'ici. Il est recouvert d'une couche de cellules, qui n'en laisse libre que le sommet; en d'autres termes, il n'est que la cellule centrale d'un massif complexe, auquel, ici comme chez les Characées parmi les Atomiées hétérogames (p. 226), nous donnerons le nom d'*archégone*. Cette disposition caractérise un ordre, dont les *Laboulbéniacées* sont la famille type et qu'on nommera les *Laboulbéninées*.

Tantôt enfin, et c'est le plus haut degré de différenciation, l'oogone fait partie d'un archégone qui l'enveloppe de toutes parts, mais la paroi de l'archégone se perce au sommet d'un canal qui donne accès à l'oogone, lui-même ouvert en haut, pour donner accès à l'oosphère. L'anthérozoïde est alors mobile et pénètre dans le canal pour s'unir à l'oosphère et former l'œuf. Celui-ci se développe aussitôt, sur la plante adulte et à ses dépens, en un tomiogone massif, très compliqué, qui forme des tomies endogènes. En germant, celles-ci produisent tantôt tout de suite la plante adulte, dont le corps est alors rampant et dorsiventral, tantôt d'abord un système de filaments cellulaires ramifiés et rampants, un *protonème*, comme on dit, sur lequel se forme ensuite le corps adulte, qui est dressé et multilatéral. De là deux ordres distincts, que l'on nomme, le premier, les *Hépatiques*, le second, les *Mousses*.

Il en résulte, en définitive, une division de la classe des Tomiées hétérogames en neuf ordres, que résume le tableau suivant :

Hétérogames. Gamètes	tous deux individualisés. Oogone	dans un archégone	ouvert. Tomies germant	avec protonème.....	*Mousses.*
				sans protonème.....	*Hépatiques.*
			fermé.....		*Laboulbéninées.*
		nu,	fermé. Tomiogone à tomies	exogènes....	*Nématinées.*
				endogènes...	*Banginées.*
			ouvert.....		*Œdogoninées.*
	l'un individualisé, l'autre pas.....				*Péronosporinées.*
	tous deux non individualisés		hétéromorphes.....		*Erysibinées.*
			isomorphes.....		*Entomophthorinées.*

A cette division directe en neuf ordres, on peut en préférer une autre. Outre leur oogone enfermé dans un archégone ouvert, en forme de bouteille, les Mousses et les Hépatiques ont, en effet, en commun un tomiogone massif et beaucoup plus compliqué, qui, chez les Mousses, par exemple, est une tige sans feuilles, ordinairement différenciée en quatre parties, savoir, de bas en haut, un suçoir, un pédicelle, une apophyse et un tomiange. Il semble donc utile de réunir ces deux ordres en une même sous-classe, les *Caulotomiées*, nommées ordinairement *Muscinées*, que l'on opposera à l'ensemble des autres ordres, réunis aussi en une même sous-classe inférieure, sous le nom de *Trichotomiées*, parce que le tomiogone y demeure filamenteux, même dans son état le plus compliqué.

Le tableau précédent se transforme alors dans le suivant :

HÉTÉROGAMES. Tomiogone	massif, caulinaire. CAULOTOMIÉES. Tomies germant...			avec protonème..	*Mousses.*
				sans protonème..	*Hépatiques.*
	filamenteux. TRICHOTOMIÉES. Gamètes	tous deux indivi-dualisés. Oogone	dans un archégone.....		*Laboulbéninées.*
			du fermé. Tomiogone à tomies	exogènes..	*Némalinées.*
				endogènes.	*Banginées.*
			ouvert.....		*Œdogoninées.*
		l'un individualisé, l'autre pas.....			*Péronosporinées.*
		tous deux non indivi-dualisés.....		hétéromorphes..	*Erysibinées.*
				isomorphes.....	*Entomophthorinées.*

Si l'on voulait accuser plus fortement encore cette grande différence dans la structure de l'archégone et du tomiogone, il suffirait d'élever ces deux sous-classes au rang de classes. L'embranchement des Tomiées comprendrait alors trois classes : les Isogames, les Hétérogames trichotomiées et les Hétérogames caulotomiées.

Qu'on les considère comme une classe ou comme une sous-classe, les Trichotomiées développent leur œuf en tomiogone, tantôt librement dans le milieu extérieur, il y a oviparité, tantôt sur la plante mère et à ses dépens, il y a viviparité, comme c'est toujours le cas chez les Caulotomiées. Si l'on y introduit d'abord ce caractère, en ne faisant intervenir que plus tard la manière d'être des

gamètes, le groupe se trouvera subdivisé comme il suit :

Trichotomiées. Tomiogone	dépendant. Gamètes	individualisés. Oogone	dans un archégone nu. Tomiogone à tomies	..... *Laboulbéninées.*
			exogènes...	*Némalinées.*
			endogènes..	*Banginées.*
		non individualisés		..... *Erysibinées.*
	libre. Gamètes	tous deux individualisés		..... *Œdogoninées.*
		l'un individualisé, l'autre pas		..... *Péronosporinées.*
		tous deux non individualisés		..... *Entomophthorinées.*

Le développement du tomiogone sur la plante mère et à ses dépens, la viviparité, est évidemment une complication, qui doit être regardée comme un signe de perfectionnement. Les Trichotomiées qui offrent ce phénomène sont donc supérieures aux autres et font transition vers les Caulotomiées, qui sont toutes vivipares.

Quelle que soit, en définitive, la manière dont on préfère les ranger, il faut voir maintenant quelle est la composition en familles de chacun de ces neuf ordres.

Division de l'ordre des Entomophthorinées en familles. — L'ordre des Entomophthorinés ne comprend qu'une seule famille, les *Entomophthoracées*. Parasite des animaux, notamment des insectes, leur corps est continu, multinucléé et dépourvu de chlorophylle. L'œuf passe d'abord à l'état de vie latente, puis germe et se développe librement en un tomiogone, formé d'un pédicelle terminé par une seule tomie exogène. Ici donc, comme on l'a vu déjà plus haut dans la Pandorine (p. 234), l'interposition du tomiogone n'amène pas son résultat ordinaire, qui est une multiplication.

Division de l'ordre des Erysibinées en deux familles. — Les Erysibinées sont des plantes terrestres et aériennes, ou parasites, dépourvues de chlorophylle, dont le corps est toujours formé de filaments ramifiés, transversalement cloisonnés en compartiments à plusieurs noyaux, qui ne sont donc pas des cellules, mais de petits articles. Aussitôt formé, l'œuf se développe sur la plante mère et à ses dépens en un système de filaments ramifiés, dont les dernières branches se différencient en cellules mères de tomies endogènes, formant

chacune ordinairement huit tomies. A ces tomianges produisant un nombre déterminé de tomies, multiple ou sous-multiple de huit, on donne ici habituellement le nom d'*asques*, et le tomiogone tout entier est alors un *ascogone*.

En outre, aussitôt après la formation de l'œuf, les filaments voisins de l'oogone se ramifient abondamment et recouvrent bientôt l'oogone d'une couche épaisse de rameaux enchevêtrés, qui va se développant ensuite en même temps que le tomiogone, qu'elle enveloppe jusqu'à la fin. En un mot, il se fait ici un *péritomiogone*, ou un *périascogone*, comparable jusqu'à un certain point à celui qu'on a rencontré déjà, autour du protomiogone, dans la famille des Mortiérellacées, parmi les Tomiées isogames.

Avec ces caractères généraux, la formation de l'œuf offre dans cet ordre deux aspects différents, qui permettent d'y reconnaître avec certitude deux familles.

Dans l'une, l'oogone et l'anthéridie sont formés l'un et l'autre d'une simple cellule et l'œuf est, par conséquent, aussi uninucléé, comme il est de règle : c'est la famille des *Erysibacées*, dont les membres vivent tous en parasites externes sur les plantes terrestres.

Dans l'autre, l'oogone est divisé par une cloison transversale en deux parties, l'inférieure renflée en boule, la supérieure amincie en col. C'est avec le sommet de ce col que l'anthéridie vient unir et fusionner son extrémité; après quoi, la cloison séparatrice du col et de la sphère disparaît et le contenu de l'anthéridie passe tout entier à travers le col dans le contenu de la sphère pour former l'œuf. Or, le corps protoplasmique de la sphère a beaucoup de noyaux, celui de l'anthéridie en a aussi beaucoup, en nombre égal, et, lors de la fusion des deux corps, tous les noyaux de l'un s'unissent à tous ceux de l'autre. Il en résulte que l'œuf est ici, dès l'instant même de sa formation, multinucléé, seul exemple connu jusqu'à présent d'une pareille structure chez les êtres vivants. Cet ensemble de caractères, présenté par le Pyronème (*Pyronema*), qui se développe dans les forêts

sur les ronds de charbonniers, fait de ce remarquable genre le type d'une famille bien distincte, les *Pyronémacées*. Peut-être même, à raison de l'exception singulière qu'elle présente, cette famille est-elle destinée à devenir plus tard le type d'un ordre nouveau, les *Pyronéminées*.

Il existe, comme on sait, un nombre immense de plantes ressemblant aux deux familles précédentes par la conformation du corps et par la formation de cellules reproductrices spéciales, au nombre de huit ordinairement, parfois d'un multiple ou d'un sous-multiple de huit, dans des cellules mères nommées asques. On en désigne l'ensemble sous le nom de *Ascomycètes*. Forment-elles aussi un œuf et comment? Cet œuf s'y développe-t-il aussi en un tomiogone filamenteux, enveloppé ou non par un péritomiogone, et dont les asques seraient les derniers rameaux? Pour quelques-unes, sans que la chose soit encore démontrée, on a des raisons de croire qu'il en est ainsi ; mais pour la plupart, on est dans l'ignorance sur ces deux points, toute trace de formation d'œuf y ayant échappé jusqu'ici. Cet important sujet appelle donc de nouvelles recherches. En attendant, il faut s'en tenir à ce qui est démontré, et ce qui est démontré par les recherches les plus récentes (1) se borne aux deux familles qu'on vient de signaler. On reviendra d'ailleurs sur cette question dans le dernier chapitre de ce travail.

Ainsi composé, pour le moment, de deux familles, l'ordre des Erysibinées a sa composition résumée dans le tableau suivant :

ÉRYSIBINÉES. Oogone	biarticulaire.	Œuf multinucléé.	*Pyronémacées.*
	unicellulaire.	Œuf uninucléé....	*Erysibacées.*

Division de l'ordre des Péronosporinées en deux familles. —

(1) Celles de M. Harper sur le Sphérothèce (*Sphærotheca*) (1895) et sur le Pyronème (*Pyronema*) (1900). Malgré des assertions contraires, venues de divers côtés, mais toutes dénuées de preuves jusqu'à présent, ces recherches me paraissent mériter pleine confiance. Il n'en est pas moins désirable qu'elles puissent être bientôt confirmées et étendues aux autres parties de ce vaste sujet.

L'ordre des Péronosporinées se compose de plantes sans chlorophylle, dont le corps est un filament ramifié, continu et multinucléé. L'œuf y passe à l'état de vie latente et plus tard germe en un tomiogone réduit à une cellule mère de tomies endogènes, en un mot à un tomiange. Les tomies sont mobiles à l'aide de deux cils vibratiles, attachés latéralement et dirigés l'un en avant, l'autre en arrière.

Tantôt l'oogone ne produit qu'une seule oosphère : c'est la famille des *Péronosporacées*, plantes qui vivent en parasites internes sur les végétaux terrestres. Tantôt l'oogone produit plusieurs oosphères : c'est la famille des *Saprolégniacées*, plantes submergées, vivant souvent en parasites sur les animaux aquatiques : poissons, batraciens, insectes, etc.

Cette division de l'ordre des Péronosporinées en deux familles est résumée dans le tableau suivant :

Péronosporinées. Oogone à	une seule oosphère.....	*Péronosporacées.*
	plusieurs oosphères.....	*Saprolégniacées.*

Division de l'ordre des Œdogoninées en trois familles. — L'ordre des Œdogoninées se compose de plantes aquatiques, pourvues de chloroleucites. La structure du corps, le mode de formation de l'œuf et la conformation du tomiogone y varient et permettent d'y caractériser trois familles.

Dans les *Sphéropléacées*, le corps est un filament simple et libre, cloisonné transversalement en compartiments multinucléés, c'est-à-dire en articles. L'oogone y produit de nombreuses oosphères immobiles, qui y demeurent incluses, pendant que la membrane se perce de nombreux orifices. L'anthéridie y produit ainsi de nombreux anthérozoïdes à deux cils antérieurs, qui s'en échappent, nagent dans le liquide ambiant, pénètrent dans l'oogone et s'y unissent aux oosphères pour former autant d'œufs. Ceux-ci passent à l'état de vie latente et germent plus tard en un simple tomiange, dont les tomies sont mobiles à l'aide de deux cils vibratiles antérieurs.

Chez les *Œdogoniacées*, le corps est un filament simple,

fixé à la base et cloisonné transversalement en compartiments uninucléés, c'est-à-dire en cellules. L'oogone n'y produit qu'une seule oosphère incluse, l'anthéridie, que deux anthérozoïdes, munis d'une couronne de cils antérieurs. L'œuf y passe à l'état de vie latente et plus tard germe en un simple tomiange à quatre tomies, mobiles à l'aide d'une couronne de cils antérieurs.

Dans les *Coléochétacées*, enfin, le corps est un filament cellulaire ramifié dans un plan. L'oogone y est prolongé en un tube récepteur comme dans les Pyronémacées, mais ici le tube est ouvert au sommet et non séparé par une cloison de la base renflée.

L'anthéridie ne produit qu'un seul anthérozoïde à deux cils antérieurs. Après la formation de l'œuf, l'oogone s'entoure de filaments qui lui forment une couche protectrice plus ou moins complète, et qui passent avec lui à l'état de vie latente. L'œuf germe plus tard en donnant un tomiogone sphérique cloisonné en cellules dans les trois directions, qui fait éclater l'assise protectrice et dont chaque cellule produit une tomie mobile, à deux cils antérieurs.

Cette division de l'ordre des Œdogoninées en trois familles est résumée dans le tableau suivant :

Œdogoninées. Oogone à	une seule oosphère. Œuf	enveloppé....	*Coléochétacées.*
		nu.....	*Œdogoniacées.*
	plusieurs oosphères.....		*Sphéropléacées.*

Division de l'ordre des Banginées en familles. — L'ordre des Banginées ne comprend qu'une seule famille, les *Bangiacées*. Ce sont des plantes marines dont le corps, cloisonné en cellules dans une seule direction (Bangie) ou dans les deux directions du plan (Porphyre), contient des leucites, colorés à la fois par la chlorophylle et la phycoérythrine, en un mot, des érythroleucites.

L'oogone, où ne se forme qu'une seule oosphère, se prolonge en une papille, qui demeure fermée au sommet. L'anthéridie produit par cloisonnement de nombreux anthérozoïdes immobiles, et les met en liberté. Aussitôt formé,

l'œuf se développe sur la plante mère et à ses dépens en un simple tomiange, qui renferme soit huit (Porphyre), soit seize ou trente-deux (Bangie) tomies immobiles, qui se disséminent.

Division de l'ordre des Némalinées en quatre familles. — L'ordre des Némalinées se compose aussi de plantes aquatiques, cloisonnées en cellules et pourvues d'érythroleucites. L'oogone, où ne se fait qu'une seule oosphère, s'y prolonge toujours en un tube plus ou moins long, continu avec la partie basilaire renflée et fermé au sommet. L'anthéridie n'y produit toujours qu'un seul anthérozoïde immobile. L'œuf se forme toujours de la même manière, comme il a été dit plus haut. Aussitôt formé, il se développe toujours sur la plante mère et à ses dépens en un tomiogone filamenteux ramifié, dont les cellules terminales, solitaires ou en chapelets, se différencient en tomies exogènes.

Mais, dans le mode de développement de ce tomiogone, on distingue d'abord deux, puis quatre manières d'être différentes, qui caractérisent autant de familles.

Tantôt en effet, l'œuf bourgeonne directement pour former le tomiogone; tantôt il ne produit qu'un tube par où il va se déverser dans une cellule voisine, et c'est celle-ci, nommée l'*auxiliaire*, qui bourgeonne ensuite pour produire le tomiogone. Dans le premier cas, où il est direct, le tomiogone est tantôt condensé et ne produit qu'un seul groupe de tomies : c'est la famille des *Némaliacées*; tantôt diffus et produit plusieurs groupes de tomies : c'est la famille des *Cryptonémiacées*.

Dans le second, on observe la même différence ; avec tomiogone condensé et un seul groupe de tomies, c'est la famille des *Rhodyméniacées*; avec tomiogone diffus et plusieurs groupes de tomies, c'est la famille des *Gigartinacées*.

Cette division de l'ordre des Némalinées en quatre familles est résumée dans le tableau suivant :

NÉMALINÉES. Tomiogone	indirect à	plusieurs groupes de tomies.....	*Gigartinacées.*
		un groupe de tomies.	*Rhodyméniacées.*
	direct à	plusieurs groupes de tomies.....	*Cryptonémiacées.*
		un groupe de tomies.	*Némaliacées.*

Division de l'ordre des Laboulbéninées en deux familles. — L'ordre des Laboulbéninées se compose de plantes aériennes, dépourvues de chlorophylle, vivant en parasites externes sur le corps des Insectes, notamment des Coléoptères, et dont le corps très petit, cloisonné en cellules dans une seule direction, forme un filament rameux. Enfermé dans un archégone, l'oogone a partout la même constitution et l'œuf s'y fait partout de la même manière. Partout aussi, il se développe aussitôt, sur la plante mère et à ses dépens, en un tomiogone filamenteux ramifié, dont les rameaux condensés se terminent chacun par une cellule mère produisant quatre tomies endogènes bicellulaires, en un mot, par ce qu'on appelle, comme il a été dit plus haut (p. 242), un asque (1).

Le tomiogone est donc ici un ascogone, enveloppé dans la paroi de l'archégone, qui s'ouvre à la maturité pour permettre aux tomies de se disséminer. S'il ressemble aux Némalinées par le mode de formation de l'œuf, aux Erysibinées par la conformation du tomiogone, cet ordre s'éloigne à la fois des unes et des autres par la présence d'un archégone.

Les anthérozoïdes y sont toujours exogènes, mais ils se forment de deux manières différentes, qui permettent d'y distinguer deux familles. Tantôt, ils sont produits successivement en grand nombre l'un au-dessous de l'autre, en chapelet, au sommet d'une cellule mère : c'est la famille des *Laboulbéniacées*. Tantôt, ils naissent isolément sur les flancs de la cellule mère : c'est la famille des *Cératomycétacées*.

Cette division de l'ordre des Laboulbéninées en deux familles est résumée dans le tableau suivant :

(1) D'après le beau travail de M. Thaxter (1896). Pourtant, les phénomènes intimes de la formation de l'œuf n'y ont pas encore été directement observés. Il y a là une importante lacune à combler.

LABOULBÉNINÉES. Anthérozoïdes	terminaux et en chapelet	*Laboulbéniacées.*
	latéraux et solitaires	*Cératomycétacées.*

Division de l'ordre des Hépatiques en quatre familles. — L'ordre des Hépatiques comprend quatre familles, caractérisées par la conformation diverse du tomiogone, qui est toujours cloisonné en cellules dans les trois directions, c'est-à-dire massif.

Le tomiogone se réduit le plus souvent, abstraction faite du suçoir, à un tomiange. Dans celui-ci, les cellules mères des tomies occupent souvent toute la partie centrale. Si elles donnent toutes quatre tomies chacune, c'est la famille des *Ricciacées*; si certaines d'entre elles se différencient en cellules spéciales qui, mélangées aux tomies, aideront par leur hygroscopicité à leur dissémination, cellules qu'on nomme *élatères*, c'est la famille des *Marchantiacées*. Ailleurs, les cellules mères des tomies forment une assise en forme de cloche autour de la partie centrale stérile, qui constitue une *columelle* : c'est la famille des *Anthocéracées*.

Quelquefois, le tomiogone se compose, outre le suçoir, de deux parties, un pédicelle et un tomiange, et celui-ci renferme un mélange de tomies et d'élatères : c'est la famille des *Jongermanniacées*.

Cette division de l'ordre des Hépatiques en quatre familles est résumée dans le tableau suivant :

HÉPATIQUES. Tomiogone	pédicellé			*Jongermanniacées.*
	sans pédicelle,	avec columelle		*Anthocéracées.*
		sans columelle,	avec élatères.	*Marchantiacées.*
			sans élatères.	*Ricciacées.*

Division de l'ordre des Mousses en quatre familles. — L'ordre des Mousses, enfin, offre aussi dans son tomiogone, toujours massif et de nature caulinaire, quatre modifications, qui permettent d'y distinguer autant de familles.

Le tomiogone s'y réduit parfois, abstraction faite du suçoir, à un tomiange, où les cellules mères des tomies forment une assise en cloche, coiffant la columelle. Si le tomiange s'ouvre en long par quatre valves, c'est la famille

des *Andréacées*; s'il s'ouvre circulairement en travers, en détachant un opercule, c'est la famille des *Sphagnacées*.

Ailleurs, le tomiogone se compose de quatre parties, un pédicelle terminé par un suçoir et un tomiange surmontant une apophyse; les cellules mères des tomies forment alors une assise en forme de tonneau, qui entoure la columelle sans en recouvrir le sommet. Si le tomiange est indéhiscent, c'est la famille des *Phascacées*; s'il s'ouvre circulairement en travers, en détachant un opercule, c'est la famille des *Bryacées*, la plus perfectionnée et aussi la plus nombreuse non seulement de l'ordre des Mousses, mais encore de l'embranchement tout entier des Tomiées.

Cette division de l'ordre des Mousses en quatre familles est résumée dans le tableau suivant :

Mousses. Tomiogone	à pédicelle,	déhiscent.....	*Bryacées.*
		indéhiscent.....	*Phascacées.*
	sans pédicelle, déhiscent	en travers.....	*Sphagnacées.*
		en long.....	*Andréacées.*

Résumé de la classe des Tomiées hétérogames. — En superposant tous ces groupes dans l'ordre où ils ont été étudiés, c'est-à-dire suivant la marche ascendante de la complication dans le mode de formation et de développement de l'œuf, on obtient la composition de la classe tout entière des Tomiées hétérogames en neuf ordres et vingt-trois familles.

Ainsi composée, cette classe renferme sept familles de ces plantes sans chlorophylle dont on désigne l'ensemble sous le nom de *Champignons*, huit familles de ces plantes aquatiques à chlorophylle, pure ou mélangée d'un pigment étranger, dont on désigne l'ensemble sous le nom d'*Algues*, et huit familles, celles qui occupent la tête de la classe, dont on désigne l'ensemble sous le nom de *Muscinées*. Au contraire des deux premiers, ce troisième groupe est bien homogène; aussi se conserve-t-il tel quel et passe-t-il en bloc dans la Classification nouvelle, où l'on peut, comme il a été dit plus haut (p. 240), le considérer soit comme une sous-classe, soit même comme une classe supérieure.

Résumé de l'embranchement des Tomiées. — Si l'on adopte cette dernière manière de voir, il suffit maintenant de superposer le tableau précédent, ainsi modifié, à celui qui a été tracé pour la classe des Tomiées isogames à la page 236, pour obtenir la composition de l'embranchement tout entier des Tomiées en trois classes, quatorze ordres et trente-deux familles :

TOMIÉES.	HÉTÉROGAMES CAULOTOMIÉES.	MOUSSES	*Bryacées.* *Phascacées.* *Sphagnacées.* *Andréacées.*
		HÉPATIQUES	*Jongermanniacées.* *Anthocéracées.* *Marchantiacées.* *Ricciacées.*
	HÉTÉROGAMES TRICHOTOMIÉES.	LABOULBÉNINÉES	*Laboulbéniacées.* *Cératomycétacées.*
		NÉMALINÉES	*Gigartinacées.* *Rhodyméniacées.* *Cryptonémiacées.* *Némaliacées.*
		BANGINÉES	*Bangiacées.*
		ŒDOGONINÉES	*Coléochétacées.* *Œdogoniacées.* *Sphéropléacées.*
		PÉRONOSPORINÉES	*Péronosporacées.* *Saprolégniacées.*
		ERYSIBINÉES	*Pyronémacées.* *Erysibacées.*
		ENTOMOPHTHORINÉES	*Entomophthoracées.*
	ISOGAMES.	HYDROCTYINÉES	*Hydrodictyacées.* *Pédiastracées.*
		PANDORININÉES	*Pandorinacées.*
		MUCORINÉES	*Mortiérellacées.* *Syncéphalidacées.* *Mucoracées.*
		ERÉMASCINÉES	*Dipodascacées.* *Erémascacées.*
		DESMIDINÉES	*Desmidiacées.*

Résumé du sous-règne des Adiodées. — En superposant ensuite ce tableau à celui qui résume, à la page 229, la clas-

sification de l'embranchement des Atomiées, on aura sous les yeux la composition du sous-règne des Adiodées en deux embranchements, cinq classes, vingt-trois ordres et cinquante-deux familles, telle qu'on vient de l'obtenir par la seule considération du mode de formation et de développement de l'œuf.

En terminant cette partie du travail, remarquons que le très vaste et très hétérogène ensemble de plantes que l'on désigne d'ordinaire sous le nom de *Thallophytes* et que, dans la classification courante, on regarde à tort comme l'un des quatre embranchements du règne végétal, se trouve ici disloqué et réparti dans les quatre classes inférieures du sous-règne des Adiodées. Il ne faut pas s'en étonner; il devait en être ainsi, dès qu'on y regardait de plus près. C'est seulement la preuve que cet ensemble est beaucoup trop hétérogène pour qu'on puisse continuer plus longtemps à lui attribuer une valeur quelconque dans une classification digne de ce nom. Ce qui a été dit plus haut, en particulier et tour à tour, pour ce qu'on appelle les Algues (p. 229) et les Champignons (p. 236), s'applique aussi, naturellement et à plus forte raison, à la totalité de ces deux ensembles, c'est-à-dire au monde des Thallophytes. Ce sont là trois termes qu'il faut désormais s'interdire au même titre dans tout essai de Classification scientifique.

DEUXIÈME SOUS-RÈGNE

DIODÉES

Outre ceux qui les définissent, comme il a été dit au début (p. 215), par rapport au premier sous-règne, les Diodées possèdent encore en commun plusieurs autres caractères généraux, qu'il faut tout d'abord rappeler.

Les diodes s'y forment toujours dans une feuille, à l'intérieur d'une protubérance superficielle plus ou moins sail-

lante de cette feuille. Elles y prennent toujours naissance quatre par quatre dans des cellules mères, unies en un groupe au centre de chaque protubérance et qui subissent à cet effet une double bipartition ; elles s'isolent ensuite, en s'arrondissant, par la gélification successive de la lamelle moyenne des cloisons séparatrices des cellules mères et des deux cloisons formées ultérieurement dans chacune d'elles. En même temps, les cellules qui entourent immédiatement le groupe des cellules mères se résorbent et il en résulte une lacune, un *sac*, où les diodes flottent librement dans la substance mucilagineuse issue à la fois de cette gélification et de cette destruction. Les cellules externes de la protubérance persistent le plus souvent pour former la paroi de ce sac, paroi qui d'ordinaire s'ouvre plus tard de diverses manières pour mettre les diodes en liberté. En un mot, les diodes sont partout endogènes et la protubérance qui les produit est partout un *diodange*.

En germant, soit tout de suite, soit après un passage plus ou moins long à l'état de vie latente, chaque diode produit en définitive un prothalle, où se forment les gamètes. Ceux-ci sont toujours fortement différenciés, à l'extérieur comme à l'intérieur ; il y a toujours hétérogamie, ou sexualité, très prononcée. Le gamète mâle, l'anthérozoïde, est plus petit et, mobile ou immobile, fait, activement ou passivement, tout le chemin pour s'unir au gamète femelle, à l'oosphère, qui est plus grande et reste en place dans sa cellule mère.

Aussitôt formé, l'œuf se développe sur le prothalle et à ses dépens, de manière à produire en définitive directement une nouvelle plante adulte. En un mot, il n'y a jamais ici ni tomiogone, ni tomies.

Division du sous-règne des Diodées en deux embranchements : les Exoprothallées et les Endoprothallées. — La manière dont le diodange procède de la feuille qui le porte, le mode suivant lequel, après la formation du prothalle, l'anthérozoïde est amené à l'oosphère, enfin la façon dont se

comporte plus tard l'embryon issu du développement de l'œuf, ces trois caractères subissent en même temps chez les Diodées deux modifications importantes, qui permettent de distinguer dans ce sous-règne deux groupes secondaires, ou embranchements.

Chez les unes, en effet, le diodange est formé tout entier par un développement local de l'épiderme de la feuille et possède, en conséquence, la valeur morphologique d'un poil. Les prothalles, qu'ils soient d'une seule sorte et capables chacun de produire à la fois les deux gamètes, ou de deux sortes, issus aussi de deux sortes de diodes et produisant les uns seulement des anthérozoïdes, les autres seulement des oosphères, sont toujours libres, indépendants de la plante adulte, de laquelle les diodes génératrices se sont séparées. Le prothalle bisexué ou mâle, après avoir formé ses anthérozoïdes, les met en liberté dans le milieu extérieur, où ils ont à trouver activement leur chemin vers les oosphères, demeurées en place dans le prothalle bisexué ou femelle. Plus tard, l'embryon, n'ayant d'attache qu'avec le prothalle bisexué ou femelle, qui lui-même est libre, une fois qu'il en a épuisé complètement les réserves, s'en affranchit, continue sa croissance en se nourrissant directement désormais dans le milieu extérieur et, sans passer à l'état de vie latente, devient finalement une nouvelle plante adulte.

Chez les autres, le diodange est produit par un développement local de l'assise externe de l'écorce de la feuille, c'est-à-dire de l'exoderme, passivement recouvert par l'épiderme; il a donc la valeur morphologique d'une émergence. Les prothalles, toujours de deux sortes et issus de deux sortes de diodes, se comportent différemment, chacun à sa manière. Le prothalle femelle est et demeure nécessairement inclus dans la plante adulte au lieu même où s'y est produite sa diode génératrice, c'est-à-dire au centre du diodange, parce que celle-ci n'est pas sortie du diodange demeuré clos et s'y est développée sur place. La diode génératrice du prothalle mâle, au contraire, se dé-

tache d'abord de la plante adulte par la déhiscence du diodange et se dissémine dans le milieu extérieur; mais bientôt après, elle revient se déposer sur elle, non loin du diodange où se trouve inclus un prothalle femelle, et le prothalle mâle qu'elle produit alors pénètre dans la plante adulte, s'y développe et vient, de diverses manières, unir l'un de ses anthérozoïdes à l'une des oosphères du prothalle femelle, pour former l'œuf. Plus tard, l'embryon se trouvant ici, comme le prothalle femelle qui le renferme, inclus dans la plante adulte, une fois les réserves épuisées, passe à l'état de vie latente et puis se sépare de la plante adulte, pour reprendre plus tard, au retour des conditions favorables, sa croissance interrompue et poursuivre jusqu'au bout, dans le milieu extérieur, son développement en une nouvelle plante.

Le premier groupe peut être nommé, puisque les diodanges y sont d'origine épidermique, *Epidiodées*, puisque les prothalles, bisexués ou unisexués, y sont libres dans le milieu extérieur, *Exoprothallées*, et puisque le développement de l'œuf y est continu, sans temps d'arrêt, *Apausées*. Par contre, le second groupe peut être nommé, puisque les diodanges y sont d'origine exodermique, c'est-à-dire corticale, *Dermodiodées*, puisque les prothalles, toujours unisexués, sont en définitive inclus tous les deux dans la plante adulte, *Endoprothallées*, et puisque le développement de l'œuf y est discontinu, frappé d'un temps d'arrêt, *Pausées*.

De ces trois caractères différentiels, avec les trois dénominations qui les expriment, on est porté à préférer le second, plus frappant, plus facile à constater que le premier et qui entraîne avec lui le troisième, car c'est évidemment parce que le prothalle femelle est inclus dans le diodange que l'œuf se développe en embryon à l'intérieur même de la plante adulte, ce qui rend ensuite nécessaire une séparation avec passage à l'état de vie latente. On désignera donc, par la suite, les deux embranchements

où se divise le sous-règne des Diodées sous les noms de *Exoprothallées* et de *Endoprothallées* (1).

Après les avoir ainsi définis et nommés, considérons-les séparément, à commencer par le premier, qui, par l'ensemble de ses caractères, se montre plus simple, moins différencié, et par conséquent moins perfectionné que le second.

TROISIÈME EMBRANCHEMENT

EXOPROTHALLÉES

Chez toutes les Exoprothallées, avons-nous dit, le diodange procède tout entier de l'épiderme de la feuille qui le porte; il a la valeur morphologique d'un poil. En un mot, toutes ces plantes sont des *Epidiodées*.

Tantôt les diodanges ainsi formés sont tous semblables, produisant tous aussi des diodes pareilles, qui donnent plus

(1) Les Exoprothallées ont été désignées jusqu'ici sous le nom de *Cryptogames vasculaires* et les Endoprothallées sous celui de *Phanérogames*. Mais il est grand temps de renoncer à ces expressions de Cryptogames et de Phanérogames, qui ont toujours été très vagues et qui sont devenues aujourd'hui tout à fait impropres. Nulle part, en effet, l'union des gamètes pour former l'œuf n'est plus extérieure, plus accessible à l'observation directe, plus facile par conséquent à suivre dans toutes ses phases que chez les prétendues Cryptogames; aussi est-ce chez elles qu'on a découvert tout d'abord, qu'on a étudié ensuite avec le plus de soin et qu'on connaît le mieux aujourd'hui ce phénomène, le plus important peut-être de toute la Biologie. Nulle part, au contraire, la formation de l'œuf n'est plus intérieure, plus cachée aux regards, plus difficile par conséquent à observer dans sa marche que chez les prétendues Phanérogames, et c'est ce qui explique que plusieurs détails en soient encore ou ignorés ou controversés. Si donc l'on voulait à toute force conserver ces termes, il faudrait en renverser l'application et appeler Phanérogames les Exoprothallées, Cryptogames les Endoprothallées.

En remarquant que, chez les Exoprothallées, l'union des gamètes pour former l'œuf s'opère hors de la plante adulte, tandis que, chez les Endoprothallées, elle se fait à l'intérieur de la plante adulte, on pourrait nommer les premières *Exogames*, les secondes *Endogames*. Ces expressions, plus brèves, auraient, en outre, l'avantage de ressembler beaucoup à celles qu'elles remplacent. Mais, n'impliquant pas l'existence d'un prothalle, elles sont moins précises et peuvent s'appliquer aussi aux Adiodées. C'est pourquoi je préfère les deux autres, que, depuis plusieurs années, j'emploie couramment dans mon enseignement. Voir aussi l'article intitulé : *Spores, diodes et tomies* (*Journal de Botanique*, XIII, p. 130, 1899).

tard tout autant de prothalles bisexués. Tantôt, au contraire, ils sont dissemblables et alors de deux sortes, produisant les uns des diodes petites et nombreuses, des *microdiodes*, qui donnent autant de prothalles unisexués exclusivement mâles, les autres des diodes grandes et peu nombreuses, pouvant se réduire à une seule, des *macrodiodes*, qui donnent autant de prothalles unisexués exclusivement femelles. Il y a *isodiodie* et *isoprothallie* dans le premier cas, *hétérodiodie* et *hétéroprothallie* dans le second.

Que le prothalle soit bisexué ou femelle, l'oosphère y naît toujours à l'intérieur d'un petit corps massif dont sa cellule mère, ou oogone, est la cellule centrale, en un mot, dans un *archégone*, qui s'ouvre au sommet pour livrer passage à l'anthérozoïde.

Division de l'embranchement des Exoprothallées en deux classes : les Isodiodées et les Hétérodiodées. — De là, aussitôt, une division de l'embranchement en deux groupes primaires, ou classes : les *Isodiodées* et les *Hétérodiodées*, qu'il convient maintenant de considérer séparément, en commençant par les Isodiodées, dont l'organisation est la plus simple.

PREMIÈRE CLASSE

Isodiodées.

Dans la classe des Isodiodées, la feuille fertile se comporte de diverses manières vis-à-vis des diodanges qu'elle produit à sa surface et ceux-ci procèdent aussi différemment de l'épiderme de cette feuille. C'est ce qui permet de la diviser en groupes secondaires, ou ordres.

Division de la classe des Isodiodées en cinq ordres. — Le diodange, en effet, y est produit tantôt directement par la feuille végétative ordinaire, tantôt par un segment de cette feuille, issu d'un dédoublement vers sa base et différencié à cette fin, tantôt par une feuille différenciée tout entière en vue de leur production, par ce qu'on peut appeler une *dio-*

dophylle. Ces diodophylles sont alors rapprochées en plus ou moins grand nombre autour de l'extrémité d'un rameau, de manière à former avec elle une sorte de bourgeon à diodes, ce qu'on pourrait appeler ici un *diodoblaste*, si, depuis longtemps, on ne désignait ailleurs un pareil bourgeon, différencié en vue de la production de l'œuf, sous le nom de *fleur*, expression plus simple et plus familière, qu'il convient d'adopter dès à présent.

Dans le premier des trois cas qu'on vient de distinguer, le diodange procède tantôt d'une seule cellule de l'épiderme et a la valeur d'un poil simple, tantôt d'un groupe de cellules épidermiques et a la valeur d'un poil composé. Dans les deux autres, il naît toujours de la seconde manière. Mais dans le troisième, les diodophylles portent les diodanges tantôt sur la face inférieure, tantôt sur la face supérieure.

De là, en définitive, une subdivision de la classe en cinq groupes secondaires, ou ordres, qui seront nommés : le premier, conformément à un long usage, les *Fougères*; le second, qui a pour type les Maratties (*Marattia*), les *Marattinées*; le troisième, qui a pour type les Ophioglosses (*Ophioglossum*), les *Ophioglossinées*; le quatrième, qui a pour type les Prêles (*Equisetum*), les *Équisétinées*; le cinquième, qui a pour type les Lycopodes (*Lycopodium*), les *Lycopodinées*.

Cette subdivision est résumée dans le tableau suivant :

Isodiodées. Diodange produit par.....	une diodophylle. Diodanges	supérieurs.....	*Lycopodinées.*
		inférieurs.....	*Equisétinées.*
	un segment différencié de la feuille végétative.....		*Ophioglossinées.*
	la feuille végétative, ayant la valeur d'un poil	composé..	*Marattinées.*
		simple....	*Fougères.*

Reprenons maintenant chacun de ces cinq ordres, pour voir comment ils se subdivisent en familles.

Division de l'ordre des Fougères en six familles. — Dans l'ordre des Fougères, les diodanges sont rapprochés par groupes à la face inférieure de la feuille; chacun de ces groupes est un *sore*, nu ou revêtu d'une *indusie*. La paroi du diodange offre une série de cellules différenciées qui, par

leur hygroscopicité, jouent un rôle actif dans sa déhiscence et dans la dissémination des diodes ; c'est ce qu'on appelle l'*anneau*, dont les diverses dispositions permettent de distinguer six familles.

Tantôt il est dirigé suivant le méridien, *longitudinal*, comme on dit ; s'il est complet, c'est la famille des *Cyathéacées* ; s'il est incomplet, c'est la famille des *Polypodiacées* ; s'il est réduit à une petite calotte terminale, ou polaire, c'est la famille des *Schizéacées*.

Tantôt il est dirigé suivant l'équateur, *transversal*, comme on dit ; s'il est complet, avec diodanges situés comme d'ordinaire à la face inférieure de la feuille, c'est la famille des *Gleichéniacées* ; avec diodanges localisés sur un prolongement de la nervure médiane de la feuille, c'est la famille des *Hyménophyllacées* ; s'il est incomplet, réduit à une petite calotte latérale, c'est la famille des *Osmondacées*.

Cette division de l'ordre des Fougères en six familles est résumée dans le tableau suivant :

Fougères. Anneau du diodange	transversal.	Diodanges complet.	latéral	*Osmondacées.*
			terminaux.	*Hyménophyllacées.*
			inférieurs.	*Gleichéniacées.*
	longitudinal,		polaire	*Schizéacées.*
			incomplet	*Polypodiacées.*
			complet	*Cyathéacées.*

Division de l'ordre des Marattinées en deux familles. — Dans l'ordre des Marattinées, les diodanges, groupés aussi en sores, sont toujours dépourvus d'anneau. Tantôt ils sont, comme d'ordinaire, libres : c'est la famille des *Angioptéridacées*. Tantôt ils sont concrescents ensemble dans chaque sore en un diodange composé et pluriloculaire : c'est la famille des *Marattiacées*.

Cette division de l'ordre des Marattinées en deux familles peut se résumer comme il suit :

Marattinées. Diodanges	concrescents en un diodange composé	*Marattiacées.*
	indépendants et simples	*Angioptéridacées.*

Division de l'ordre des Ophioglossinées en familles. —

L'ordre des Ophioglossinées ne comprend qu'une seule famille, les *Ophioglossacées*. Les diodanges y sont totalement immergés dans l'écorce du segment différencié, et sans anneau. Le prothalle, au lieu d'être aérien et vert, comme dans les deux ordres précédents, y est souterrain et dépourvu de chlorophylle.

Division de l'ordre des Équisétinées en familles. — L'ordre des Équisétinées ne renferme aussi qu'une seule famille, les *Équisétacées*. Les diodophylles y sont disposées en nombreux verticilles alternes à l'extrémité des rameaux et forment toutes ensemble une longue fleur terminale. Chacune d'elles, différenciée en pétiole et limbe, porte, sur la face inférieure de son limbe pelté, plusieurs diodanges, disposés en cercle autour du pétiole et dépourvus d'anneau.

Division de l'ordre des Lycopodinées en deux familles. — Dans l'ordre des Lycopodinées, les diodophylles portent toujours les diodanges sur leur face supérieure. Si elles sont nombreuses et serrées en spirale à l'extrémité d'un rameau, de manière à former une longue fleur terminale, et si elles ne portent chacune qu'un seul diodange inséré à sa base, c'est la famille des *Lycopodiacées*. Si elles sont isolées le long du rameau, séparées par des feuilles ordinaires, et si elles portent chacune, insérés à son extrémité, plusieurs diodanges concrescents, c'est la famille des *Psilotacées*.

Cette division de l'ordre des Lycopodinées en deux familles est résumée comme il suit :

LYCOPODINÉES.	Diodanges	groupés et concrescents.....	*Psilotacées.*
		solitaires et libres.....	*Lycopodiacées.*

Résumé de la classe des Isodiodées. — En superposant de bas en haut les cinq cadres précédents, on formera le tableau d'ensemble qui résume la composition de la classe des Isodiodées en cinq ordres et douze familles, telle qu'on l'obtient par la seule considération du diodange.

DEUXIÈME CLASSE

Hétérodiodées.

Dans la classe des Hétérodiodées, la feuille fertile se comporte de diverses manières par rapport aux diodanges des deux sortes qu'elle produit à sa surface, et ceux-ci procèdent aussi diversement de l'épiderme de cette feuille. D'où une subdivision en groupes secondaires, ou ordres.

Division de la classe des Hétérodiodées en quatre ordres. — Les diodanges des deux sortes sont portés, en effet, tantôt par la feuille végétative elle-même, tantôt par un segment de cette feuille, différencié dans ce but, tantôt par une feuille différenciée tout entière à cet effet et groupée avec d'autres autour de l'extrémité d'un rameau pour former avec elle un diodoblaste, c'est-à-dire, ici aussi, une *fleur*. Dans le premier cas, le diodange procède tantôt d'une seule cellule épidermique, avec la valeur d'un poil simple, tantôt de plusieurs cellules épidermiques, avec la valeur d'un poil composé. De là une division de la classe en quatre groupes secondaires, ou ordres.

Lorsque les diodanges sont produits par la feuille végétative elle-même, s'ils sont des poils simples différenciés, c'est l'ordre des *Salvininées* ; s'ils sont des poils composés différenciés, c'est l'ordre des *Isoëtinées*. Lorsqu'ils sont produits par un segment différencié, issu d'un dédoublement de la feuille végétative, comme dans les Ophioglossacées parmi les Isodiodées, ils ont toujours la valeur d'un poil simple : c'est l'ordre des *Marsilinées*. Lorsqu'ils naissent sur une diodophylle, ils ont toujours la valeur d'un poil composé : c'est l'ordre des *Sélaginellinées*.

Cette division en quatre ordres est résumée dans le tableau suivant :

Hétérodiodées. Diodange produit par	une diodophylle. Poil composé....		*Sélaginellinées.*
	un segment différencié. Poil simple.		*Marsilinées.*
	la feuille végétative. Poil	composé.	*Isoëtinées.*
		simple ..	*Salvininées.*

Voyons maintenant comment chacun de ces quatre ordres se compose en familles.

Division de l'ordre des Salvininées en deux familles. — Chez les Salvininées, les diodanges sont toujours groupés en sores de deux sortes, portés par la même feuille végétative et enveloppés chacun d'une indusie close. Le macrodiodange n'y renferme aussi toujours qu'une seule macrodiode, par avortement de toutes les autres.

Mais tantôt ces sores sont portés par une feuille végétative incolore, submergée, divisée en segments filiformes et jouant le rôle absorbant des racines absentes : c'est la famille des *Salviniacées*. Tantôt ils sont produits par une feuille verte ordinaire et la tige est pourvue de racines : c'est la famille des *Azollacées*.

Cette division se résume ainsi :

SALVININÉES. Diodanges portés par une feuille.....	incolore, à fonction de racine.	*Salviniacées.*
	verte ordinaire.....	*Azollacées.*

Division de l'ordre des Isoëtinées en familles. — L'ordre des Isoëtinées ne comprend qu'une seule famille, les *Isoëtacées*. Les diodanges y sont portés isolément par la face supérieure de la feuille végétative à sa base et les macrodiodanges y renferment chacun un grand nombre de macrodiodes.

Division de l'ordre des Marsilinées en familles. — L'ordre des Marsilinées ne renferme aussi qu'une seule famille, les *Marsiliacées*. Le segment différencié de la feuille végétative qui porte les diodanges des deux sortes s'y reploie autour de leur ensemble pour les envelopper d'une cavité close. Portés par la paroi interne de cette cavité, les diodanges y sont groupés en sores, enveloppés chacun d'une indusie close, et chaque sore renferme des diodanges de deux sortes. Les macrodiodanges n'y contiennent qu'une seule macrodiode, comme chez les Salvininées.

Division de l'ordre des Sélaginellinées en familles. — Enfin, l'ordre des Sélaginellinées se réduit aussi à une seule famille, les *Sélaginellacées*. Les diodanges de deux sortes y sont

portés isolément à la base supérieure des diodophylles et les macrodiodanges ne renferment que quatre macrodiodes.

Il y a donc ici, dans le même diodoblaste, des diodophylles de deux sortes, les unes à microdiodanges ou *microdiodophylles*, les autres à macrodiodanges ou *macrodiodophylles*. Les premières ayant reçu ailleurs et depuis très longtemps le nom d'*étamines* et leur ensemble celui d'*androcée*, on peut déjà les nommer ainsi. De même, les secondes étant ailleurs et depuis très longtemps nommées les *carpelles* et leur ensemble le *pistil*, on peut dès à présent les désigner par ces noms. Dans la fleur, où les diodophylles s'étagent en rangs nombreux, les macrodiodophylles ou carpelles sont situés à la base, les microdiodophylles ou étamines au milieu et au sommet; en un mot, le pistil est inférieur, l'androcée supérieur.

Résumé de la classe des Hétérodiodées. — En superposant ces divers groupes de bas en haut, on obtient un tableau résumant la composition de la classe des Hétérodiodées en quatre ordres et cinq familles, d'après la seule considération des diodanges.

Déjà, chez les Isoétacées, les feuilles végétatives qui portent les diodanges sont de deux sortes, les unes à microdiodanges ou mâles, les autres à macrodiodanges ou femelles. Mais c'est seulement dans le terme le plus élevé de cette série, chez les Sélaginellacées, que l'on voit à cette première différenciation s'en ajouter une seconde, qui sépare définitivement les feuilles fertiles des feuilles stériles et les caractérise comme diodophylles. D'où une fleur et, dans cette fleur, des microdiodophylles ou étamines, et des macrodiodophylles ou carpelles. C'est donc ici que l'androcée et le pistil font leur première apparition.

Résumé de l'embranchement des Exoprothallées. — Il suffit maintenant de superposer le tableau précédent à celui qui a été tracé pour la classe des Isodiodées à la page 258, pour obtenir la composition de l'embranchement tout entier des Exoprothallées en deux classes, neuf ordres et dix-sept familles, résumée comme il suit :

EXOPROTHALLÉES.	HÉTÉRODIODÉES....	SÉLAGINELLINÉES.....	*Sélaginellacées.*
		MARSILINÉES.....	*Marsiliacées.*
		ISOÉTINÉES.....	*Isoétacées.*
		SALVININÉES.....	*Azollacées.* *Salviniacées.*
	ISODIODÉES.....	LYCOODINÉEPS.....	*Psilotacées.* *Lycopodiacées.*
		ÉQUISÉTINÉES.....	*Equisétacées.*
		OPHIOGLOSSINÉES.....	*Ophioglossacées.*
		MARATTINÉES.....	*Marattiacées.* *Angioptéridacées.*
		FOUGÈRES.....	*Osmondacées.* *Hyménophyllacées.* *Gleichéniacées..* *Schizéacées.* *Polypodiacées.* *Cyathéacées.*

Dans chacune des deux classes, la plante différencie progressivement ses feuilles, de manière à localiser de plus en plus la formation des diodes, et il y a trois degrés bien marqués dans cette progression, le troisième aboutissant, dans chacun des deux cas, à la formation d'une fleur, fleur asexuée chez les Isodiodées, fleur bisexuée chez les Hétérodiodées. D'autre part, dans chacune des deux classes, le diodange, toujours d'origine épidermique, offre deux degrés de complication, suivant que cette origine est simple ou massive. Ces deux considérations nous ont permis d'établir parallèlement, dans chaque classe, une division en ordres.

Si l'on se borne, comme on a fait ici, aux plantes actuellement vivantes, ces ordres sont peu nombreux et, à l'exception de celui des Fougères, sont pauvrement représentés; plusieurs ne renferment même qu'une seule famille et cette famille se réduit souvent à un seul genre. Cela vient de ce que plusieurs modifications faciles à prévoir ne sont pas ou ne sont plus réalisées dans la végétation actuelle, laissant ainsi autant de lacunes, dont certaines ont été déjà comblées et qui pourront l'être toutes plus tard par l'étude des plantes disparues, par la *Paléobotanique*.

Ainsi, lorsque les diodanges sont portés par un segment différencié de la feuille végétative, il a la valeur d'un poil simple chez les Hétérodiodées, d'un poil composé chez les Isodiodées; il pourrait tout aussi bien avoir la valeur d'un poil composé chez les premières, d'un poil simple chez les secondes. Ce segment demeure ouvert chez les Isodiodées, il se ferme pour protéger les diodanges chez les Hétérodiodées; il pourrait tout aussi bien se fermer chez les premières et rester ouvert chez les secondes. Lorsque les diodanges sont portés par une diodophylle, ils sont, dans les deux classes, des poils composés; ils pourraient être tout aussi bien, dans les deux classes, des poils simples. La diodophylle y demeure, dans les deux classes, ouverte et laisse à nu les diodanges; elle pourrait tout aussi bien, dans les deux classes, se fermer autour d'eux pour les protéger, comme fait le segment fertile chez les Marsilinées. Chez les Hétérodiodées, les diodanges sont portés par la face supérieure de la diodophylle; ils pourraient l'être tout aussi bien sur sa face inférieure, comme chez les Isodiodées, et ici cette lacune est comblée, comme on sait, par une famille éteinte, les *Annulariacées*.

Chez les Isodiodées, le plus haut degré de différenciation, caractérisé par la constitution d'une fleur, se montre dans deux ordres, les Equisétinées et les Lycopodinées; la fleur y est homogène, asexuée, formée de diodophylles toutes semblables et neutres. A la vérité, cette différenciation commence à se manifester déjà nettement chez quelques Fougères, notamment chez les Blechnes (*Blechnum*) dans la famille des Polypodiacées. Il faut y voir la première origine de la fleur.

Chez les Hétérodiodées, la fleur ne fait son apparition que dans un seul ordre, les Sélaginellinées; elle y est hétérogène, bisexuée, formée de diodophylles de deux sortes, les unes femelles, les carpelles, en bas, les autres mâles, les étamines, en haut. Une fois atteint, ce degré suprême de différenciation, obtenu par la formation d'une fleur non

seulement hétérodiodée, mais hétérophyllée, c'est-à-dire composée d'étamines et de carpelles, d'un androcée et d'un pistil, se conserve désormais dans ses traits essentiels. On le retrouve, en effet, avec addition de nouveaux caractères, dans tout l'embranchement des Endoprothallées, qui va maintenant nous occuper.

QUATRIÈME EMBRANCHEMENT

ENDOPROTHALLÉES

Chez toutes les Endoprothallées, le diodange procède, comme on sait, à la fois de l'épiderme et de l'exoderme de la feuille qui le porte, les cellules mères des diodes provenant toujours exclusivement de l'exoderme; il a donc l valeur morphologique d'une émergence; en un mot, toutes ces plantes sont des *Dermodiodées*.

Les diodanges y prennent toujours naissance dans une feuille différenciée tout entière en vue de leur production, dans une diodophylle, et les diodophylles y sont toujours rapprochées en plus ou moins grand nombre autour de l'extrémité d'un rameau, de manière à former avec elle un diodoblaste ou, comme tout le monde dit ici, une *fleur*. Des trois dispositions offertes sous ce rapport par les Exoprothallées, la plus perfectionnée seule se trouve donc ici réalisée.

Les diodanges y sont toujours de deux sortes. Les uns produisent un grand nombre de petites diodes, de microdiodes, et s'ouvrent pour les disséminer : ce sont les microdiodanges. Les autres engendrent toujours, en définitive, une seule grande diode, une macrodiode, et sans s'ouvrir la retiennent en place dans leur sein : ce sont les macrodiodanges. Ils se forment aussi sur des feuilles différentes, les premiers sur des microdiodophylles ou diodophylles mâles, nommées ici *étamines*, dont l'ensemble constitue l'*androcée* de la fleur, les seconds sur des macrodiodophylles

ou diodophylles femelles, nommées ici *carpelles*, dont l'ensemble constitue le *pistil* de la fleur.

Quand la fleur renferme les deux sortes de diodophylles, un androcée et un pistil, quand elle est bisexuée, les étamines naissent toujours d'abord sur le rameau et sont par conséquent situées au-dessous des carpelles, qui n'apparaissent que plus tard; en un mot, l'androcée est toujours inférieur, le pistil supérieur. C'était l'inverse, on l'a vu, chez les Exoprothallées à fleur bisexuée, notamment chez les Sélaginellacées, et aussi chez les Annulariacées.

Bisexuée ou unisexuée, la fleur produit souvent, tout d'abord, un ou plusieurs verticilles ou cycles de feuilles, déjà différenciées par rapport aux feuilles végétatives, mais encore dépourvues de diodanges, qui enveloppent et protègent les diodophylles dans le jeune âge; l'ensemble de ces feuilles stériles, correspondant à la pérule du bourgeon végétatif, composent ce qu'on nomme le *périanthe*. Si la fleur ne renferme que des diodophylles, elle est dite *nue* ou *apérianthée*.

Après leur sortie du microdiodange et leur dissémination, les microdiodes parviennent de diverses manières sur le carpelle, germent à sa surface et forment autant de prothalles mâles rudimentaires, composés chacun de deux cellules inégales; la petite produit l'anthéridie, la grande s'allonge en un tube, qui pénètre dans le carpelle et s'y développe en parasite. Pendant ce temps, l'unique macrodiode, restée incluse dans le macrodiodange indéhiscent, y germe sur place et y produit un prothalle femelle. Puis, un anthérozoïde issu du prothalle mâle vient, de diverses manières, s'unir à une oosphère issue du prothalle femelle, pour former l'œuf.

L'œuf se développe aussitôt dans le prothalle femelle, à l'intérieur du macrodiodange où celui-ci se trouve inclus, sur le carpelle par conséquent et, en définitive, sur la plante adulte et à ses dépens. Il devient ainsi un *embryon* qui, à un degré plus ou moins avancé de son développement,

d'ordinaire après avoir formé une tige, la *tigelle*, et produit sur cette tige, à l'une de ses extrémités une première racine, la *radicule*, à l'autre une, deux ou plusieurs premières feuilles, les *cotyles*, cesse de croître. Il passe alors à l'état de vie latente et se détache soit seul, soit avec ce qui reste de l'ancien prothalle femelle qui s'est en même temps développé, soit avec ce qui reste de l'ancien macrododiange qui se sépare du carpelle, soit avec le carpelle qui se sépare de la fleur, soit avec la fleur qui se sépare tout entière de la plante, et qui peut même avoir conservé et accru autour d'elle son périanthe.

Ainsi mis en liberté, nu ou entouré d'un plus ou moins grand nombre d'enveloppes, l'embryon repasse plus tard, au retour des conditions favorables, à l'état de vie active, il *germe*, comme on dit, reprend sa croissance interrompue et, se nourrissant désormais dans le milieu extérieur, s'y développe finalement en une nouvelle plante adulte.

Telle est, chez les Endoprothallées, la marche générale des choses, qui complète et précise la définition de cet embranchement.

Si maintenant l'on veut entrer un peu plus dans le détail des phénomènes qui précèdent, qui accompagnent et qui suivent la formation de l'œuf chez ces plantes, on voit apparaître, dans les deux sortes de diodophylles, de diodanges, de diodes et de prothalles, toute une série de différences et, si l'on étage ces différences dans l'ordre décroissant de leur importance, elles permettent de distinguer dans ce très vaste embranchement toute une série de groupes correspondants de plus en plus restreints, en un mot d'en établir progressivement la Classification.

Division de l'embranchement des Endoprothallées en deux sous-embranchements : les Astigmatées et les Stigmatées. — En premier lieu, chez certaines de ces plantes, les carpelles qui composent le pistil de la fleur sont toujours ouverts, tantôt entièrement libres, tantôt concrescents par un de leurs bords seulement, tantôt concrescents par leurs deux bords en cir-

conservant une cavité qui laisse au sommet un large orifice par où les macrodiodanges poussent au dehors leur extrémité. Après sa sortie du microdiodiange, la microdiode est alors déposée directement sur le sommet nu du macrodiodange, de sorte que le trajet à parcourir par l'anthérozoïde pour atteindre l'oosphère est aussi court que possible.

Chez d'autres, et c'est de beaucoup le plus grand nombre, le carpelle est entièrement fermé autour de ses macrodiodanges, ou, s'il est ouvert, il s'unit bord à bord avec ses voisins du même pistil pour envelopper en commun et complètement l'ensemble des macrodiodanges. Ceux-ci étant alors inaccessibles directement, il faut que la microdiode soit déposée sur l'extrémité du carpelle lui-même, différenciée pour la recevoir, la retenir et la nourrir lors de sa germination, extrémité qui a reçu le nom de *stigmate;* de sorte que le prothalle mâle doit alors parcourir, dans l'intérieur du carpelle ou à sa surface, un chemin beaucoup plus long, souvent très long, pour gagner un macrodiange et conduire l'anthérozoïde à l'oosphère.

De là, une première division en deux groupes, les *Astigmatées* et les *Stigmatées*, que l'on regardera comme des sous-embranchements, et dont le second, plus nombreux, est évidemment plus compliqué, plus perfectionné que le premier.

D'autres différences s'ajoutent d'ailleurs à celle-là, pour séparer encore plus ces deux sous-embranchements.

Chez les Astigmatées, en effet, l'anthéridie se compose de deux cellules superposées, une inférieure stérile servant de support à l'autre, qui produit deux anthérozoïdes. Le prothalle femelle y est formé de nombreuses cellules d'abord toutes semblables, dont quelques-unes, périphériques et voisines du sommet, se recloisonnent ensuite pour former chacune, comme chez les Exoprothallées (p. 256), un *archégone*, renfermant dans sa cellule centrale, ou oogone, une seule oosphère. Toutes les autres cellules du prothalle femelle demeurent semblables et, sans rien recevoir du prothalle mâle, se dé-

veloppent également plus tard en un massif bourré de matières de réserve, destiné à nourrir l'embryon et qui a reçu le nom d'*endosperme*. Ces plantes peuvent donc être dites aussi : d'après le premier caractère, *Podanthéridiées;* d'après le second, *Archégoniées;* d'après le troisième, *Endospermées*.

Chez les Stigmatées, l'anthéridie n'est formée que d'une seule cellule, qui est la cellule mère des deux anthérozoïdes ; elle n'est donc pas pédicellée. Le prothalle femelle y est tout autrement conformé. Il ne comprend, en effet, que sept cellules, profondément différenciées dès le début. Six sont disposées trois par trois à chaque bout ; la septième, beaucoup plus grande, qui sépare les deux triades, a d'abord deux noyaux, qui s'unissent bientôt en un seul. C'est la cellule médiane de l'une des triades, ordinairement de la triade apicale, située dans le plan de symétrie de la feuille ou du segment de feuille qui porte le macrodiodange et attachée plus bas que les deux autres, qui devient directement une oosphère ; il n'y a donc pas ici d'archégone, pas même d'oogone. Les deux autres ont reçu le nom de *synergides*. Les trois cellules de la triade opposée, ordinairement basilaire, sont nommées collectivement *antipodes*. La grande cellule médiane, dont le noyau a recouvré, par la fusion des deux demi-noyaux primitifs, son intégralité et le nombre normal de ses chromosomes, a reçu récemment le nom de *mésocyste* (1).

Synergides et antipodes ne jouent qu'un rôle accessoire et disparaissent promptement. Il n'en est pas de même de la mésocyste. Tandis que le premier des deux anthérozoïdes amenés au prothalle femelle s'introduit dans l'oosphère, et s'y combine aussitôt, protoplasme à protoplasme et noyau à noyau, pour former l'œuf, le second pénètre dans la mésocyste et s'y combine également, protoplasme à protoplasme et noyau à noyau, pour former quelque chose

(1) Ph. Van Tieghem, *Sur le prothalle femelle des Stigmatées* (Journal de Botan., XIV, p. 100, 1900).

comme un second œuf au-dessous du premier (1). Plus tard, pendant que le premier œuf se développe en un embryon, le second se développe aussi et produit un massif de tissu homogène, nommé l'*albumen*, destiné à nourrir l'embryon. C'est pourquoi ce second œuf a été nommé le *trophime* (2). Très différent du premier par son mode de formation, par son mode de développement et par son rôle exclusivement nourricier, il veut aussi en être distingué par une dénomination particulière.

Aussitôt après la formation de l'œuf et du trophime, les cinq autres cellules du prothalle femelle, c'est-à-dire les deux synergides et les trois antipodes, étant résorbées, il ne saurait se constituer ici d'endosperme.

De là, tout d'abord, trois différences importantes par rapport aux Astigmatées. D'après la première, ces plantes peuvent être dites *Apodanthéridiées* ; d'après la seconde, *Anarchégoniées* ; d'après la troisième, *Mésocystées*. Ensuite, d'après l'existence du trophime et de l'albumen qui procède de son développement, on pourrait les nommer aussi *Trophimées* ou *Albuminées*, et alors les Astigmatées seraient, par opposition, les *Atrophimées* ou *Inalbuminées*. Par contre, les Astigmatées étant, comme on l'a vu, des *Endospermées*, les Stigmatées pourraient être dites *Anendospermées*.

Remarquons, en passant, que si l'embryon des Stigmatées trouve à côté de lui, tout aussi bien que celui des Astigmatées, un tissu nutritif pour alimenter ses premiers développements, l'origine de ce tissu et sa valeur morphologique sont très différentes dans l'un et l'autre groupe, ce qui rend nécessaire de leur attribuer aussi des noms différents : c'est l'endosperme dans le premier, l'albumen dans le second.

Enfin, puisque la formation de l'œuf est double chez les Stigmatées, tandis qu'elle est simple chez les Astigmatées,

(1) D'après les belles recherches toutes récentes de M. Navachine (1899), et de M. Guignard (1899).

(2) De τρόφιμος, nourricier (*loc. cit.*, p. 101).

comme d'ailleurs chez toutes les autres plantes, on pourrait encore dire les premières *Digames*, les secondes *Monogames*.

Les deux sous-embranchements se trouvant ainsi définis l'un par rapport à l'autre par huit caractères différentiels, auxquels correspondent tout autant de dénominations différentes, laquelle de ces huit expressions convient-il d'adopter, en définitive, dans le langage courant ?

La première, tirée d'un caractère de morphologie externe, l'absence ou la présence d'un stigmate, c'est-à-dire la différence la plus apparente et la plus facile à constater, douée d'ailleurs d'une entière généralité, mérite, semble-t-il, la préférence. Pourtant l'une des dernières, tirée d'un caractère de morphologie interne, l'absence ou la présence d'une mésocyste d'abord et plus tard d'un trophime, grâce à la digamie, c'est-à-dire la différence la plus cachée et la plus difficile à apercevoir, mais aussi peut-être la plus importante, veut également, malgré la date toute récente de son introduction dans la science, être mise en pleine évidence. Pour tout concilier, on joindra le caractère superficiel au caractère profond, en appelant *Astigmatées* ou *Monogames* le premier sous-embranchement, *Stigmatées* ou *Digames* le second.

Considérons maintenant séparément chacun de ces deux grands groupes, si profondément différents, en commençant par les Astigmatées, où l'organisation est la plus simple.

PREMIER SOUS-EMBRANCHEMENT

ASTIGMATÉES ou MONOGAMES

Chez les Astigmatées ou Monogames, la fleur est toujours dépourvue de périanthe et unisexuée, offrant ainsi l'état le plus simple de l'organisation florale.

La fleur mâle est réduite à un androcée, et cet androcée est formé d'un nombre variable d'étamines, libres et simples, portant sur la face inférieure de leur limbe un nombre

variable de microdiodanges, qui y font une saillie plus ou moins forte.

La fleur femelle est réduite à un pistil, et ce pistil est formé d'un nombre variable de carpelles, au moins de deux, tantôt libres, tantôt plus ou moins concrescents entre eux et avec la bractée mère de la fleur. Chaque carpelle produit, quelquefois sur ses bords ou sur sa face ventrale, le plus souvent sur sa face dorsale, un nombre variable de macrodiodanges. Chacun de ceux-ci est formé isolément par un segment différencié du carpelle, qui est, par conséquent, une feuille composée. Il fait toujours une forte saillie à la surface de ce segment, qui se reploie autour de lui pour le protéger et se prolonge au-dessus de lui en un tube largement ouvert en entonnoir. Ce reploiement d'un segment foliaire autour des diodanges qu'il porte a été déjà rencontré une fois, parmi les Exoprothallées hétérodiodées, dans l'ordre des Marsilinées (p. 261). Mais là, il se produisait autour de plusieurs groupes de diodanges, de plusieurs sortes, dans chacun desquels les diodanges des deux sortes se trouvaient mélangés; ici, il s'opère individuellement autour de chaque macrodiodange. Là aussi, l'enveloppe était complètement close et les diodanges entièrement séquestrés du milieu extérieur; ici, elle demeure ouverte au sommet et le macrodiodange reste accessible au milieu ambiant.

A ce segment carpellaire, à cette foliole du carpelle, ainsi différenciée en vue de produire un macrodiodange, on donne ici depuis longtemps le nom d'*ovule*; la forte saillie conique que fait à sa surface le macrodiodange en est le *nucelle*, et le limbe lui-même de la foliole, reployé autour du nucelle, en est le *tégument*, dont l'ouverture supérieure a reçu le nom de *micropyle*. Toutes ces plantes sont donc pourvues à la fois d'ovule et de nucelle; elles sont *ovulées* et *nucellées*.

Chez toutes aussi, les ovules sont, au moins par leur sommet, par leur micropyle, librement exposés au contact de l'air; elles sont donc toutes aussi *nudiovulées*. C'est ce

qui leur rend inutile l'existence d'un stigmate, ce qui leur permet d'être astigmatées.

Après la formation de l'œuf, pendant qu'il se développe en un embryon, le prothalle femelle s'accroît à mesure et produit un massif homogène qui reçoit désormais, comme il a été dit plus haut (p. 268), le nom d'endosperme. La partie centrale en est bientôt digérée par l'embryon et disparaît pour le nourrir ; le reste persiste et passe à l'état de vie latente, avec l'embryon qu'il entoure. Ce résidu du prothalle femelle, bourré de substances de réserve, est ce qu'on appelle l'*endosperme permanent*. Digéré et absorbé plus tard par l'embryon lors de son retour à l'état de vie active, c'est-à-dire lors de sa germination, il subit, en définitive, le même sort que la première partie disparue. Le prothalle femelle s'accroît donc ici, après la formation de l'œuf, en un tissu tout entier, mais à deux degrés, éphémère et nutritif.

A mesure qu'il s'accroît ainsi, il attaque, digère et absorbe pour se nourrir l'épaisse paroi du macrodiodange où il est renfermé, c'est-à-dire la couche périphérique du nucelle, et vient, en définitive, appliquer sa surface contre la face interne du lobe carpellaire, c'est-à-dire du tégument.

Au moment du passage à l'état de vie latente, l'ovule se trouve donc transformé en un corps nouveau, qu'on nomme maintenant la *graine*, et ce corps est formé de trois parties : en dehors, le tégument, qui est le tégument de l'ovule, c'est-à-dire le limbe même du segment carpellaire, diversement modifié; au milieu, l'endosperme permanent, qui est le résidu du prothalle femelle accru, c'est-à-dire de l'endosperme primitif; au centre, l'embryon, issu du développement de l'œuf.

En même temps, le carpelle, qui a produit les ovules et qui maintenant porte les graines, s'est plus ou moins modifié dans sa forme et dans sa structure. L'ensemble des carpelles ainsi transformés appartenant à une même fleur, en un mot, le pistil de la fleur ainsi modifié, a reçu le nom de *fruit*. La partie du fruit qui porte les graines et qui

résulte de la transformation du carpelle proprement dit en est le *péricarpe*.

A ce moment, tantôt la graine se détache du péricarpe, qui reste adhérent à la plante adulte, tantôt le fruit se détache tout entier de la plante adulte, entraînant avec lui les graines. De l'une ou de l'autre façon, s'opère la séparation de l'embryon d'avec la plante mère qui l'a nourri jusque-là, séparation très tardive ici et rendue indispensable par l'inclusion du prothalle femelle dans le macrodiodange, qui est le caractère général des Endoprothallées.

Examinons maintenant de plus près le mode même de formation de l'œuf des Astigmatées.

Disséminées dans le milieu extérieur, par la déhiscence des microdiodanges, les microdiodes sont d'abord déposées à l'orifice de ce tube dilaté en entonnoir qui prolonge, comme on l'a vu, le tégument de l'ovule. Elles le traversent et parviennent au sommet du macrodiodange. Les choses se passent alors, suivant les plantes, de deux manières très différentes.

Division du sous-embranchement des Astigmatées ou Monogames en deux classes : les Natrices et les Vectrices. — Chez quelques Astigmatées, l'épaisse paroi du macrodiodange se trouve résorbée, dès avant la formation de l'œuf, dans toute sa région supérieure, et transformée en une couche de liquide mucilagineux, qui baigne le sommet du prothalle femelle, ainsi dénudé. Après avoir traversé le tube de l'enveloppe, la microdiode tombe dans ce liquide et y germe aussitôt en un prothalle mâle. Les deux anthérozoïdes, produits par le cloisonnement longitudinal de la cellule supérieure ou interne de l'anthéridie, portent à la périphérie de leur gros corps ovale un fin ruban spiralé, tout couvert de cils vibratiles, et sont, en conséquence, doués de mouvement actif. Ils sont d'abord enfermés dans la base très dilatée du tube formé par la grande cellule stérile du prothalle mâle, tube dont l'extrémité, sans se diriger vers le prothalle femelle, va s'enfoncer latéralement dans la région persis-

tante de la paroi du macrodiodange, pour y puiser la nourriture et jouer ainsi exclusivement le rôle de suçoir. Plus tard, ils s'échappent par une déchirure de la base renflée du tube, se meuvent librement dans la couche liquide, se dirigent vers les oosphères contenues dans les archégones qu'elle baigne et s'y unissent pour former les œufs (1).

Chez la plupart de ces plantes, au contraire, l'épaisse paroi du macrodiodange persiste aussi bien au-dessus du prothalle femelle qu'autour de ses flancs; c'est donc sur son sommet même que la microdiode est déposée et qu'elle germe. Le tube formé par la grande cellule stérile du prothalle mâle s'enfonce alors vers le bas dans cette paroi, la traverse en la digérant pour s'en nourrir, et vient enfin introduire son extrémité dans le col de l'un des archégones du prothalle femelle, jusqu'au contact de l'oosphère. Les deux anthérozoïdes ovales, issus du cloisonnement longitudinal de la cellule interne de l'anthéridie, sont ici dépourvus de cils et immobiles; ils sont entraînés dans le tube près de son extrémité et sont portés passivement par lui à l'oosphère, où l'un d'eux pénètre à travers la membrane ramollie du sommet, pour s'y unir et former l'œuf. Le tube du prothalle mâle joue donc ici un rôle tout autre et bien plus important que dans le premier cas. Il conduit passivement les anthérozoïdes à leur but, qu'ils ne sauraient atteindre par leur mouvement propre, à supposer qu'ils en fussent doués; c'est essentiellement un tube de transport et de déversement; en un mot, il est *vecteur*, et non pas seulement *suceur* comme dans le premier cas.

Pour exprimer cet ensemble de différences, on peut dire que les Astigmatées à anthérozoïdes libres et mobiles, à paroi du macrodiodange résolue en liquide au sommet, à tube prothallien exclusivement suceur, sont des *Natrices* (2), tandis que les Astigmatées à anthérozoïdes captifs et immo-

(1) D'après les belles recherches récentes de MM. Hirase (1895), Ikeno (1896), et Webber (1897).

(2) De *nare*, *natare*, nager.

biles, à paroi du macrodiodange permanente au sommet, à tube prothallien vecteur, sont des *Vectrices* (1).

Le sous-embranchement se trouve de la sorte divisé en deux groupes primaires, ou classes, qu'il faut maintenant étudier séparément, en commençant par les Natrices, qui, par l'ensemble de leurs caractères, se rapprochent le plus des Exoprothallées.

PREMIÈRE CLASSE

Natrices.

Dans la classe des Natrices, l'enveloppe formée autour de chaque macrodiodange par le lobe différencié qui le porte sur le carpelle est toujours simple. En un mot, l'ovule y est toujours unitegminé. Mais, dans la manière dont les carpelles procèdent du rameau floral et dont ils se comportent entre eux dans le pistil, on observe une différence importante, qui permet de diviser aussitôt la classe en deux ordres distincts.

Division de la classe des Natrices en deux ordres. — Tantôt, en effet, le carpelle procède directement du rameau floral, qui en produit côte à côte un grand nombre; tous ces carpelles sont et demeurent indépendants et leur ensemble est le pistil de la fleur. Il en est ainsi dans le genre Cycade (*Cycas*) et dans tous les genres qui se groupent autour de lui pour former l'ordre des *Cycadinées*.

Tantôt, au contraire, les feuilles du rameau floral demeurent stériles, mais forment chacune un ramuscule à leur aisselle, et c'est ce ramuscule qui produit les carpelles, puis avorte au-dessus d'eux. Il n'y a alors que deux carpelles, qui sont les deux premières feuilles du ramuscule, et ces deux carpelles sont concrescents dans toute leur longueur, par leurs bords supérieurs voisins, en une lame unique, qui tourne, en conséquence, sa face dorsale en haut, sa

(1) De *vehere*, *vectare*, transporter.

face ventrale en bas. Cette lame est le pistil de la fleur. Il en est ainsi dans le genre Ginkgo (*Ginkgo*), type de l'ordre des *Ginkginées*.

Cette division est résumée dans le tableau suivant :

NATRICES.	Pistil	secondaire, à deux carpelles concrescents	*Ginkginées.*
		primaire, à carpelles nombreux et libres.	*Cycadinées.*

Reprenons maintenant chacun de ces deux ordres, pour voir comment il se subdivise en familles.

Division de l'ordre des Cycadinées en deux familles. — Dans l'ordre des Cycadinées, la conformation du carpelle, ainsi que le nombre et la disposition des ovules qu'il porte, offrent deux modifications, qui y caractérisent deux familles. Tantôt, en effet, les ovules sont portés en deux séries sur les bords d'un carpelle penné : c'est la famille des *Cycadacées*. Tantôt ils sont portés, au nombre de deux seulement, sur la face inférieure d'un carpelle pelté : c'est la famille des *Zamiacées*.

Cette subdivision se résume comme il suit :

CYCADINÉES.	Ovules	inférieurs et par deux	*Zamiacées.*
		latéraux et bisériés	*Cycadacées.*

Division de l'ordre des Ginkginées en familles. — L'ordre des Ginkginées ne comprend qu'une seule famille, les *Ginkgacées*, où chacun des deux carpelles concrescents du pistil grêle et allongé se termine par un seul ovule dressé, et cette famille est elle-même réduite actuellement au seul genre Ginkgo.

Résumé de la classe des Natrices. — En superposant ces divers groupes, on obtient un petit tableau, résumant la composition de la classe des Natrices en deux ordres et trois familles. Malgré son peu d'étendue actuelle, elle est non seulement très importante au point de vue de la Science générale, mais aussi très hétérogène, les deux ordres qui la constituent offrant de nombreuses et profondes différences.

DEUXIÈME CLASSE

Vectrices.

Dans la classe des Vectrices, les carpelles procèdent toujours d'un ramuscule axillaire d'une feuille écailleuse stérile du rameau floral et il y en a toujours deux dans chaque fleur femelle, concrescents tout au moins par un de leurs bords, comme il vient d'être dit pour les Ginkgacées. Mais le pistil dimère ainsi constitué offre deux manières d'être, qui permettent d'y distinguer deux groupes secondaires, ou ordres.

Division de la classe des Vectrices en deux ordres. — Tantôt, en effet, la concrescence des deux carpelles n'a lieu que le long de leurs bords postérieurs rapprochés; il en résulte une lame, qui tourne sa face dorsale en haut, sa face ventrale en bas, comme dans le Ginkgo. Il en est ainsi dans le genre Sapin (*Abies*) et dans tous ceux qui se groupent autour de lui pour former l'ordre des *Abiétinées*.

Tantôt les deux carpelles du pistil s'unissent aussi par leurs bords antérieurs et forment ensemble un sac clos, ouvert seulement au sommet pour laisser passer le tube d'enveloppe du macrodiodange. Il en est ainsi dans le genre Ephèdre (*Ephedra*) et dans tous ceux qui se groupent autour de lui pour former l'ordre des *Ephédrinées*.

Cette division de la classe des Vectrices en deux ordres se résume ainsi :

VECTRICES. Pistil dimère,	fermé	*Ephédrinées.*
	ouvert	*Abiétinées.*

Considérons maintenant chacun de ces deux ordres, pour voir comment il se divise en familles.

Division de l'ordre des Abiétinées en trois familles. — Chez les Abiétinées, l'enveloppe du macrodiodange est toujours simple; en un mot, l'ovule y est toujours unitegminé. Mais le lieu d'insertion de l'ovule sur le carpelle et la direction

qu'il affecte y subissent trois modifications, qui permettent d'y distinguer autant de familles.

Tantôt les ovules sont portés sur la face dorsale du pistil, dans sa région supérieure, et renversés : c'est la famille des *Abiétacées*. Tantôt ils sont portés aussi sur la face dorsale du pistil, mais à sa base et dressés : c'est la famille des *Cupressacées*. Tantôt, enfin, ils sont portés au sommet même du pistil et dressés, comme dans le Ginkgo : c'est la famille des *Taxacées*.

Cette division de l'ordre des Abiétinées en trois familles est résumée dans le tableau suivant :

Abiétinées.	Ovules	terminaux	*Taxacées.*
		dorsaux, infères et dressés	*Cupressacées.*
		dorsaux, supères et renversés	*Abiétacées.*

Division de l'ordre des Ephédrinées en deux alliances et trois familles. — Chez les Ephédrinées, l'ovule est toujours porté par la face ventrale du carpelle à sa base, et il n'y en a qu'un seul par pistil; en d'autres termes, l'un des carpelles est uniovulé, l'autre est stérile.

Le tégument de l'ovule est tantôt simple, tantôt double; dans le second cas, l'enveloppe interne se prolonge seule en tube au dehors, d'abord à travers l'orifice de l'enveloppe externe, ensuite à travers l'ouverture du pistil. De là, une division de l'ordre en deux groupes primaires, ou *alliances* : les *Ephédrales*, où l'ovule est unitegminé, et les *Gnétales*, où il est bitegminé.

La première renferme deux familles : les *Ephédracées*, où le prothalle mâle a une anthéridie bicellulaire et pédicellée, et où le prothalle femelle a des archégones, comme dans les autres Astigmatées; et les *Welwitschiacées*, où l'anthéridie est unicellulaire et sessile, et où le prothalle femelle forme directement l'oogone et l'oosphère, sans intermédiaire d'archégone. Par là, cette seconde famille fait nettement transition vers les Stigmatées.

L'alliance des Gnétales ne comprend qu'une seule famille,

les *Gnétacées*, qui, par l'absence d'archégones et quelques autres caractères, établit aussi un passage aux Stigmatées.

Cette division de l'ordre des Ephédrinées en deux alliances et trois familles est résumée dans le tableau suivant :

EPHÉDRINÉES.	Ovule	bitegminé.	GNÉTALES.....	*Gnétacées.*
		unitegminé. EPHÉDRALES.	Pas d'archégones...	*Welwitschiacées.*
			Des archégones.....	*Ephédracées.*

Résumé de la classe des Vectrices. — En superposant ce tableau au précédent, on obtient la division de la classe tout entière des Vectrices en deux ordres, trois alliances et six familles.

Résumé du sous-embranchement des Astigmatées ou Monogames. — Il suffit maintenant de superposer les quatre tableaux partiels qui précèdent, pour avoir sous les yeux la division complète du sous-embranchement des Astigmatées ou Monogames en deux classes, quatre ordres, cinq alliances et neuf familles, comme il suit :

ASTIGMATÉES OU MONOGAMES.	VECTRICES....	EPHÉDRINÉES..	Gnétales....	*Gnétacées.*
			Éphédrales.	*Welwitschiacées.*
				Ephédracées.
		ABIÉTINÉES.....		*Taxacées.*
				Cupressacées.
				Abiétacées.
	NATRICES....	GINKGINÉES.....		*Ginkgacées.*
		CYCADINÉES.....		*Zamiacées.*
				Cycadacées.

On remarquera que, dans les deux ordres des Natrices et dans l'ordre des Abiétinées chez les Vectrices, le pistil est largement ouvert, soit parce que les carpelles, toujours ouverts pour leur propre compte, sont libres entre eux, comme chez les Cycadinées, soit parce qu'ils ne sont unis que par un de leurs bords, comme chez les Ginkginées et les Abiétinées; les ovules sont alors exposés dans toute leur étendue au contact de l'air. Après la formation de l'œuf et pendant tout le temps de leur transformation en graines, à moins qu'il ne soit remédié à cet inconvénient par quelque

circonstance accessoire, comme il sera dit tout à l'heure, ils y demeurent exposés, de sorte que les graines sont nues, comme étaient les ovules. En un mot, ces plantes, comme elles étaient d'abord nudiovulées, sont plus tard *gymnospermes*.

Il en est tout autrement dans l'ordre des Ephédrinées, parmi les Vectrices. Les carpelles y étant unis par leurs deux bords, le pistil est fermé, excepté au sommet, et l'ovule qu'il renferme est soustrait au contact de l'air, à l'exception de son extrémité, où son tégument dépasse l'ouverture du pistil. C'en est assez pour que ces plantes soient encore nudiovulées. Mais, tout de suite après la formation de l'œuf, l'orifice terminal du pistil s'oblitère, et c'est tout à fait à l'abri du contact de l'air que l'ovule se transforme en graine. A sa maturité, celle-ci se trouve donc enveloppée et protégée dans une cavité complètement close, formée par le pistil même de la fleur, c'est-à-dire par le péricarpe du fruit. En un mot, si elles sont d'abord nudiovulées, ces plantes sont plus tard *angiospermes* (1).

On pourrait donc aussi subdiviser d'abord les Astigmatées, d'après cette considération, en deux classes : les Gymnospermes et les Angiospermes. La première se partagerait ensuite en deux sous-classes : les Natrices, avec deux ordres : les Cycadinées et les Ginkginées; et les Vectrices avec un seul ordre : les Abiétinées. La seconde, où toutes les plantes sont des Vectrices, pourrait être alors divisée en deux ordres : les Éphédrinées avec ovules unitegminés, et les Gnétinées avec ovules bitegminés.

Cette autre disposition est résumée dans le tableau suivant, où le sous-embranchement se trouve divisé de la sorte en deux classes, trois sous-classes, cinq ordres et neuf familles :

(1) On voit par là qu'il est nécessaire d'éviter désormais l'emploi de ces deux expressions : Gymnospermes et Angiospermes, pour désigner, comme on fait d'ordinaire, par la première le sous-embranchement tout entier des Astigmatées, par la seconde celui des Stigmatées.

ASTIGMATÉES. Graines	protégées. **Angiospermes.** Ovule	bitegminé....	GNÉTINÉES....	*Gnétacées.*	
		unitegminé...	EPHÉDRINÉES..	*Welwitschiacées.*	
				Ephédracées.	
	nues. **Gymnospermes.**	VECTRICES..	ABIÉTINÉES....	*Taxacées.*	
				Cupressacées.	
				Abiétacées.	
		NATRICES...	GINKGINÉES...	*Ginkgacées.*	
			CYCADINÉES...	*Zamiacées.*	
				Cycadacées.	

De quelque façon qu'on les dispose, d'ailleurs, dans les trois premiers ordres, les plus inférieurs, qui sont morphologiquement des Gymnospermes, il arrive fréquemment qu'au point de vue physiologique la gymnospermie soit compensée et ses inconvénients supprimés. C'est toutes les fois que, soit dans le pistil de la même fleur, comme dans les Zamiacées, soit d'un pistil à l'autre dans des fleurs différentes et très rapprochées dans un épi serré, comme dans les Abiétacées et les Cupressacées, il s'établit, aussitôt après la formation de l'œuf, une soudure entre les extrémités des carpelles. Il en résulte, entre eux, autant de cavités closes où les ovules accomplissent, à l'abri de l'air, tout leur développement en graines, sous une protection aussi efficace que chez les Ephédrinées, qui sont morphologiquement des Angiospermes.

C'est seulement lorsque, dans ces trois ordres, cette soudure n'a pas lieu, comme chez les Cycadacées et les Ginkgacées, parmi les Natrices, comme chez les Taxacées, parmi les Vectrices, que la nudiovulie primitive, n'étant pas ultérieurement corrigée, subsiste avec tous ses fâcheux effets. Celles-là seules sont véritablement et complètement, c'est-à-dire à la fois physiologiquement et morphologiquement, gymnospermes.

DEUXIÈME SOUS-EMBRANCHEMENT

STIGMATÉES ou DIGAMES

Chez les Stigmatées ou Digames, c'est, on l'a vu, sur le stigmate du carpelle que, mise en liberté par la déhiscence du microdiodange, la microdiode est déposée, et qu'elle germe en un prothalle mâle. Le tube formé par la grande cellule stérile de ce prothalle s'enfonce dans le carpelle, dont il digère le tissu, pour s'en nourrir à la façon d'un parasite. Il s'y dirige, en parcourant pour cela un chemin souvent très long, vers le sommet d'un macrodiodange, jusqu'à venir enfin appliquer son extrémité contre l'oosphère, située ici directement au sommet du prothalle femelle. Les deux anthérozoïdes ovales, issus du cloisonnement longitudinal de l'unique petite cellule qui constitue dans ce cas l'anthéridie, sont dépourvus de cils et immobiles. Ils sont entraînés dans le tube, près de son extrémité, et sont transportés passivement par lui vers le prothalle femelle. A travers la membrane ramollie du sommet, l'un d'eux, le plus proche, s'introduit dans l'oosphère et s'y unit pour former l'œuf. Après quoi, l'autre passe à son tour, pénètre dans la mésocyste, et s'y combine pour former le trophime. En un mot, il y a digamie. Le tube prothallien mâle y est donc toujours vecteur, et même à un bien plus haut degré que chez celles des Astigmatées qui offrent déjà ce caractère. Ces plantes sont donc toutes et éminemment des Vectrices. Le sous-embranchement qu'elles forment reste, par conséquent, indivis sous ce rapport.

La fleur y offre tous les degrés d'organisation, depuis l'état le plus simple, où elle est nue et unisexuée, réduite à un androcée ou à un pistil, comme elle l'est toujours chez les Astigmatées, jusqu'au plus compliqué, où, pourvue d'un périanthe double ou multiple et bisexuée, elle unit par concrescence toutes ses parties dans leur région inférieure.

Le périanthe peut être nul, simple, double ou multiple

sans différenciation, double ou multiple avec différenciation plus ou moins profonde, la partie externe recevant alors le nom de *calice* et ses feuilles celui de *sépales*, la partie interne le nom de *corolle* et ses feuilles celui de *pétales*. Simple, double ou multiple, s'il n'est pas différencié, il peut avoir ses feuilles toutes libres, être *dialyphylle*, ou toutes concrescentes, être *gamophylle*. Double ou multiple, s'il est différencié, le calice peut avoir ses sépales libres, être *dialysépale*, ou concrescents, être *gamosépale* : de même, la corolle peut avoir ses pétales libres, être *dialypétale*, ou concrescents, être *gamopétale*. Dans tous les cas, il peut avoir ses feuilles toutes semblables dans chaque verticille, être symétrique par rapport à l'axe de la fleur, *actinomorphe*, comme on dit, ou les avoir dissemblables, de manière à n'être symétrique que par rapport à un plan, *zygomorphe*, comme on dit. Ces diverses manières d'être du périanthe ont assurément une valeur, mais une valeur très secondaire dans la Classification ; on s'y adressera plus tard, mais pour le moment il n'y a pas lieu de s'y arrêter.

L'androcée a ses étamines, en nombre variable et diversement disposées, tantôt indépendantes du périanthe, tantôt concrescentes avec lui ; dans le premier cas, elles sont libres entre elles et l'androcée est *dialystémone*, ou concrescentes entre elles et il est *gamostémone*. Dans chaque verticille, si elles sont toutes semblables, l'androcée est actinomorphe ; si elles sont dissemblables, de manière qu'il n'ait qu'un plan de symétrie, il est zygomorphe.

Considérée isolément, chaque étamine est aussi diversement conformée. Laissant de côté tous les autres détails, fixons notre attention sur les microdiodanges. Ils sont portés en nombre variable, soit directement par le limbe de l'étamine elle-même, qui est alors une feuille simple, soit par le limbe d'un segment ou d'une foliole de l'étamine, qui est alors une feuille composée. Dans le premier cas, l'androcée est dit *holostémone*, dans le second *méristémone*.

Dans les deux cas, la feuille ou le segment restent tou-

jours ouverts, et les microdiodanges sont toujours nus.

Ils se forment d'ordinaire sur la face supérieure ou ventrale du limbe, plus rarement sur sa face inférieure ou dorsale. Ils y font le plus souvent une saillie plus ou moins forte. Cette saillie est parfois très faible ou même nulle; les cellules mères des microdiodes sont alors totalement immergées dans l'écorce générale de la feuille ou du segment, et le microdiodange n'est plus individualisé au dehors. Ce défaut d'individualisation externe du diodange a été déjà rencontré une fois dans l'embranchement des Exoprothallées, chez les Ophioglossinées (p. 258).

Ils sont plus ou moins volumineux, suivant le nombre des cellules mères qu'ils renferment; ce nombre peut se réduire à l'unité, et le microdiodange ne produit alors que quatre microdiodes : c'est le minimum. Leur paroi offre diverses modifications de structure et s'ouvre aussi de diverses manières, mais toujours indépendamment dans chacun d'eux, pour mettre les microdiodes en liberté.

Celles-ci, tantôt solitaires, tantôt diversement groupées, présentent dans leur membrane, dans leur corps protoplasmique, dans leur noyau, des variations de structure. Pour germer, elles exigent aussi des conditions de milieu différentes et strictement appropriées à leur nature propre.

Toutes ces différences dans les étamines, dans les microdiodanges et dans les microdiodes, considérées après leur formation, ont sans doute une valeur, mais seulement une valeur secondaire au point de vue de la Classification. On les utilisera plus tard, mais ce n'est pas ici le moment de s'y arrêter.

Il n'en est pas de même si l'on étudie le mode de formation des microdiodes dans leurs cellules mères. Elles y naissent toujours, comme on sait (p. 252), quatre par quatre. Mais tantôt la cellule mère se divise d'abord en deux cellules, puis chacune de celles-ci en deux autres; les microdiodes se forment alors par deux bipartitions successives; on peut dire qu'il y a *métadiodie*, que l'étamine et l'androcée tout

entier sont *métadiodés*. Tantôt la cellule mère divise bien deux fois de suite son noyau, comme dans le premier cas, mais c'est seulement après la seconde bipartition du noyau que se forment, en même temps, les deux cloisons croisées qui la partagent en quatre cellules filles; les microdiodes sont produites alors par une quadripartition simultanée ; on peut dire qu'il y a *homoudiodie*, que l'étamine et l'androcée tout entier sont *homoudiodés*. De là une différence profonde, à laquelle il conviendra d'attacher tout à l'heure une valeur de premier ordre dans la Classification de ce groupe.

Achevons tout d'abord l'étude de la fleur des Stigmatées, en y considérant le pistil.

Il est formé de carpelles en nombre variable et diversement disposés, le plus souvent en un seul verticille, au sommet du rameau floral. Ils sont tantôt libres entre eux, ce qui laisse le pistil *dialycarpelle*, tantôt concrescents entre eux, ce qui le rend *gamocarpelle*. Dans les deux cas, ils peuvent être indépendants des parties externes, ce qui laisse le pistil *supère*, ou concrescents, soit avec l'androcée seul, soit avec l'androcée et la corolle, soit avec l'androcée, la corolle et le calice, ce qui rend alors le pistil *infère*. Il est symétrique, tantôt par rapport à l'axe, actinomorphe, tantôt par rapport à un plan, zygomorphe, ce qui arrive notamment toutes les fois qu'il est réduit à un seul carpelle.

Considéré isolément, chaque carpelle se compose de deux parties : l'inférieure élargie produit les macrodiodanges, c'est l'*ovaire;* la supérieure, amincie et diversement conformée, reçoit, retient et fait germer les microdiodes, c'est le *stigmate*, caractéristique de ce groupe. Entre les deux, s'étend souvent une partie stérile, étroite et plus ou moins longue, le *style*. Au-dessous de l'ovaire, se trouve aussi quelquefois une partie rétrécie, qui est le pétiole du carpelle.

Les macrodiodanges naissent sur la face supérieure, interne ou ventrale de l'ovaire, en nombre variable et diversement disposés. Tantôt, le carpelle se reploie et ferme son ovaire,

de manière à envelopper et à protéger ses propres macrodiodanges ; il peut alors être libre ou concrescent avec ses pareils ; la chose est indifférente au point de vue de la protection. Sa fermeture s'opère, d'ailleurs, soit par rapprochement et simple soudure des bords primitivement séparés, soit par concrescence originelle de ses bords, soit de la première manière en haut, de la seconde en bas. Tantôt, il demeure ouvert dans toute la longueur, ou seulement dans la région supérieure de son ovaire ; il est alors toujours concrescent bord à bord avec ses pareils, et c'est l'enveloppe commune ainsi réalisée qui enferme et protège l'ensemble des macrodiodanges du pistil. D'une façon ou d'une autre, les macrodiodanges sont donc toujours soustraits ici au contact de l'air : d'où la nécessité d'un stigmate.

Toutes ces différences ont à coup sûr une valeur, mais seulement une valeur secondaire dans la Classification de ce groupe. Nous aurons à y faire appel plus tard ; pour le moment, il n'y a pas lieu d'y insister.

Il en va tout autrement si l'on considère les diverses manières dont les macrodiodanges sont produits par les carpelles, et les diverses modifications de structure qu'ils présentent. On y trouve, comme on va voir, une source abondante de caractères de premier ordre.

Sur la face supérieure, interne ou ventrale de l'ovaire, les macrodiodanges se forment tantôt en nombre variable sur le limbe même du carpelle, qui est alors une feuille simple, tantôt isolément, chacun sur le limbe d'un segment ou d'une foliole différenciée du carpelle, qui est alors une feuille composée. Si, conformément à l'ancien usage, déjà rappelé plus haut chez les Astigmatées (p. 272), on appelle, ici aussi, *ovule* le segment carpellaire ainsi différencié avec le macrodiodange qu'il porte, on dira que le carpelle, et le pistil tout entier, est *inovulé* dans le premier cas, *ovulé* dans le second.

Lorsque le carpelle est inovulé, tantôt le macrodiodange ne fait pas la moindre saillie à la surface de son limbe, c'est-

à-dire de l'ovaire, comme il arrive assez fréquemnmet, on l'a vu (p. 284), pour les microdiodanges sur le limbe de l'étamine. La cellule mère des macrodiodes, l'unique macrodiode qui en provient, en définitive, après avortement et résorption des trois autres, et le prothalle femelle qui en procède bientôt après sont, par conséquent, et demeurent plongés dans l'écorce générale de la feuille, sans que rien ne trahisse au dehors leur présence en tel ou tel point; en un mot, le macrodiodange n'est pas individualisé comme tel à l'extérieur. Tantôt, au contraire, le macrodiodange fait sur le limbe une forte saillie conique, qui renferme suivant son axe la cellule mère de la macrodiode, et plus tard le prothalle femelle qui en dérive, saillie qui demeure toujours nue. Si, pour se conformer à l'usage, rappelé déjà plus haut chez les Astigmatées (p. 272), on appelle, ici aussi, *nucelle* la protubérance formée alors par le macrodiodange, on dira que le carpelle, et le pistil tout entier, est *innucellé* dans le premier cas, *nucellé* dans le second.

La même différence s'observe lorsque le carpelle est ovulé. Quelquefois, en effet, le macrodiodange ne fait, sur le segment carpellaire qui le porte, aucune saillie; la cellule mère de la macrodiode, et plus tard le prothalle femelle qu'elle engendre, sont immergés dans l'écorce générale de ce segment et rien ne vient au dehors accuser leur présence en tel ou tel point; en un mot, il n'y pas de nucelle. Le plus souvent, au contraire, le macrodiodange dessine sur le limbe de la foliole différenciée qui le porte une forte saillie conique; en un mot, il y a un nucelle. Ce nucelle pourrait être nu, comme il l'est toujours en l'absence d'ovule; mais on n'en connaît pas jusqu'ici d'exemple certain. La foliole se reploie toujours autour du macrodiodange pour l'envelopper complètement, ne laissant au-dessus de son sommet qu'une petite ouverture très étroite, souvent même à la fin oblitérée; le nucelle est donc toujours alors revêtu de ce qu'on appelle un *tégument*, dont l'ouverture a reçu, ici aussi, le nom de *micropyle;* en un mot, l'ovule est *teg-*

miné. Innucellé dans le premier cas, le carpelle ovulé, et le pistil tout entier, est nucellé dans le second. Très fréquemment réalisée, cette seconde manière d'être offre aussi, d'abord dans le macrodiodange lui-même, puis dans le segment carpellaire qui l'enveloppe, plusieurs modifications importantes, qui permettent de la subdiviser.

Tantôt, en effet, la paroi plus ou moins épaisse du macrodiodange persiste sans altération, tout autour de la cellule mère de la macrodiode et du prothalle femelle qu'elle engendre, jusqu'après la formation de l'œuf. Le tube vecteur des anthérozoïdes immobiles, après avoir traversé l'ouverture du tégument, le micropyle, doit donc encore perforer en la digérant la paroi du macrodiodange, avant d'accéder à l'oosphère. Tantôt, au contraire, déjà très mince et réduite à l'épiderme au début, la paroi du macrodiodange disparaît tout entière par résorption, dès avant la formation de l'œuf, digérée qu'elle est par la cellule mère de la macrodiode, ou mieux par la macrodiode elle-même, pendant qu'elle produit le prothalle femelle, de sorte que celui-ci vient s'appliquer directement contre la face interne du tégument. Après avoir traversé le micropyle, le tube vecteur se trouve donc alors immédiatement en contact avec l'oosphère, dans laquelle il déverse l'un de ses anthérozoïdes. L'ovule où la paroi du macrodiodange persiste peut être dit *perpariété*, celui où elle est transitoire, *transpariété*, et les mêmes qualifications seront appliquées au carpelle correspondant, ainsi qu'au pistil tout entier (1).

(1) Dans plusieurs Notes préliminaires, notamment dans celle intitulée : *Structure de quelques ovules et parti qu'on en peut tirer pour améliorer la Classification* (Journal de Botanique, XII, p. 197, 1898), où j'ai signalé pour la première fois cette différence fondamentale, en l'appliquant à la Classification, je l'ai exprimée en disant que l'ovule est *crassinucellé* dans le premier cas, *ténuinucellé* dans le second, visant ainsi seulement l'épaisseur ou la minceur du nucelle. Depuis, j'ai pensé qu'il était préférable de mettre en évidence dans les termes le phénomène le plus important, c'est-à-dire la permanence ou la fugacité du nucelle et, dans des Notes ultérieures, j'ai qualifié l'ovule de *pernucellé* dans le premier cas, *transnucellé* dans le second. Aujourd'hui, remarquant que ce n'est pas tout le nucelle qui est transi-

On a vu déjà quelque chose de cette différence chez les Astigmatées, entre les Vectrices, où la paroi du macrodiodange persiste tout autour du prothalle femelle, où le carpelle pourrait donc être dit aussi perpariété, et les Natrices, où la paroi du macrodiodange disparaît par résorption dans toute la région supérieure, en mettant à nu le prothalle femelle, où le carpelle pourrait donc être dit aussi, au moins en partie, transpariété.

Dans l'un comme dans l'autre cas, le segment carpellaire qui porte le macrodiodange peut le recouvrir directement, sans se modifier; le tégument est alors simple, l'ovule est *unitegminé*. Mais, il arrive souvent qu'en le recouvrant, il se dédouble perpendiculairement à son plan, de manière à former en dedans de lui une sorte de ligule, qui enveloppe d'abord directement le macrodiodange et qui est ensuite revêtue à son tour par le limbe propre du segment; le tégument est alors double, l'ovule est *bitegminé*.

Dans le second cas, chacune des parties du tégument ayant au sommet son orifice propre, son micropyle particulier, ces deux micropyles peuvent être superposés; le tube vecteur doit alors les traverser successivement l'un et l'autre pour accéder au macrodiodange, et l'ovule est *dipore*. Mais, le plus souvent, le tégument interne traverse au sommet le micropyle externe, ou *exostome*, et produit au dehors son propre micropyle, ou *endostome*; le tube vecteur n'a donc, pour atteindre le macrodiodange, qu'à traverser cet endostome, comme si le tégument externe n'existait pas. Ou bien quelquefois, c'est le sommet du macrodiodange qui traverse le tégument interne, pour se placer sous l'orifice du tégument externe, et le tube vecteur, pour arriver au contact du macrodiodange, n'a qu'à traverser l'exostome, comme si le tégument interne n'existait pas. Dans les deux cas, l'ovule est *monopore: endopore* dans le premier, *exopore* dans le second.

toire, mais seulement sa couche externe, c'est-à-dire la paroi du macrodiodange, je crois plus exact de dire l'ovule *perpariété* dans le premier cas, *transpariété* dans le second.

Il arrive même que les deux téguments ne parviennent ni l'un ni l'autre à recouvrir le sommet du macrodiodange, qui demeure nu ; pour l'atteindre, le tube vecteur n'a donc alors aucun pertuis à traverser, comme s'il n'y avait aucun tégument ; l'ovule est *apore*.

Quelle qu'en soit la conformation, l'ovule peut être *sessile*, ou porté par un pétiole plus ou moins long, par un *funicule*. Il peut être *droit* ou plus ou moins fortement *courbé*, en arc ou en fer à cheval ; dans les deux cas, et la chose arrive surtout très fréquemment dans le premier, il peut se rabattre le long du funicule et s'y unir par concrescence sur une plus ou moins grande longueur, il est alors *réfléchi*. La réflexion s'opère tantôt vers le bas, par croissance exagérée de la face supérieure : l'ovule est *épinaste* ; tantôt vers le haut, par croissance exagérée de la face inférieure : l'ovule est *hyponaste* ; tantôt latéralement, par croissance prédominante du côté externe : l'ovule est *exonaste*.

Laissons de côté, pour le moment, cette source de différences accessoires, pour ne nous attacher qu'aux deux caractères principaux, c'est-à-dire à la persistance ou à la fugacité de la paroi du macrodiodange et à la conformation simple ou double de son tégument. Il en résultera, pour le carpelle ovulé nucellé, et pour le pistil correspondant tout entier, quatre dispositions différentes, suivant qu'il est perpariété unitegminé, perpariété bitegminé, transpariété unitegminé, transpariété bitegminé.

En résumé, au point de vue de l'origine des macrodiodanges et de leur structure au moment de la formation de l'œuf, le carpelle, et le pistil tout entier, des Stigmatées affecte, suivant les plantes, sept manières d'être différentes (1), la plus simple lorsqu'il est inovulé et innucellé,

(1) La distinction de ces sept manières d'être du pistil est le résultat le plus général d'une longue suite d'observations personnelles, commencée en 1894 et qui a porté aujourd'hui sur la presque totalité des familles des Stigmatées. Quelques-uns seulement des résultats particuliers de ces recherches ont été publiés jusqu'ici dans divers Recueils ; les autres le seront prochainement dans une série de mémoires spéciaux.

la plus compliquée lorsqu'il est ovulé, transnucellé et bitegminé, les autres progressivement échelonnées entre ces deux extrêmes, comme l'indique le tableau suivant :

Carpelle stigmaté.	Ovulé.	Nucellé.	Transpariété.	Bitegminé.
				Unitegminé.
			Perpariété.	Bitegminé.
				Unitegminé.
	Inovulé..	.....		Innucellé.
		.....		Nucellé.
		.....		Innucellé.

Le carpelle des Astigmatées nous a offert beaucoup moins de variations. Les macrodiodanges y sont, en effet, toujours insérés isolément chacun sur un segment différencié du carpelle, qui est toujours une feuille composée ; en un mot, le carpelle astigmaté est toujours ovulé. En outre, le macrodiodange y fait toujours sur ce segment une forte saillie ; en un mot, l'ovule y est toujours nucellé. Il y demeure aussi toujours sessile et droit. Chez les Natrices, où il est, du moins en partie, transpariété, comme il a été dit plus haut, l'ovule est toujours unitegminé. Chez les Vectrices, où il est perpariété, il est aussi le plus souvent unitegminé, les Gnétacées seules l'ayant bitegminé.

Quelles qu'en soient la disposition sur le carpelle et la structure définitive, le macrodiodange des Stigmatées produit toujours essentiellement de la même manière, et comme chez les Astigmatées, sa macrodiode, en définitive unique. Du moins, les différences observées jusqu'à présent sous ce rapport sont-elles peu nombreuses et paraissent-elles peu importantes; on les connaît d'ailleurs trop peu pour pouvoir les utiliser dans la Classification. Le plus souvent, il n'y a qu'une cellule mère de macrodiodes, qui, par deux bipartitions transversales successives, produit d'abord quatre macrodiodes superposées. Puis, l'une de celles-ci, ordinairement l'inférieure, s'accroît seule, attaque et digère les trois autres pour s'en nourrir, et devient l'unique macrodiode définitive.

En germant aussitôt sur place, la macrodiode forme aussi

toujours de la même façon l'oosphère, la mésocyste et les cinq cellules stériles, deux synergides et trois antipodes, dont l'ensemble constitue, comme il a été dit plus haut (p. 269), le prothalle femelle. Les variations, pour autant qu'on les connaît, sont de faible valeur. La plus frappante est dans la mésocyste. Quand l'ovule est innucellé ou quand il n'y a pas d'ovule, qu'il y ait alors ou non un nucelle, elle s'allonge souvent en un tube qui, poussant l'oosphère à son extrémité, va au-devant du tube formé par le prothalle mâle, de sorte que l'oosphère fait, comme l'anthérozoïde, la moitié du chemin pour s'unir à lui et former l'œuf. En un mot, il y a alors un tube vecteur femelle, comme il y a toujours un tube vecteur mâle, et la formation de l'œuf tend à devenir en quelque sorte isogame.

L'oosphère, par l'incorporation du premier anthérozoïde, étant devenue l'œuf, la mésocyste, par l'incorporation du second anthérozoïde, étant devenue le trophime, les cinq autres cellules ne tardent pas à disparaître; la partie stérile du prothalle femelle est donc ici incapable de développement ultérieur et par conséquent, plus tard, après le passage à l'état de vie latente, il n'y a jamais ici, et il ne saurait y avoir, d'endosperme permanent, comme chez les Astigmatées.

Le développement de l'œuf en un embryon, plus ou moins volumineux et plus ou moins différencié, suit partout la même marche générale et les variations qu'on y observe sont encore trop peu connues pour trouver place ici. A l'état définitif, la conformation de l'embryon offre de nombreuses modifications. La plupart n'ont pour la Classification qu'un intérêt secondaire, mais il en est une dont la grande importance est reconnue depuis longtemps. Elle consiste en ce que la tigelle produit à son sommet tantôt une seule première feuille engainante, une seule *cotyle*, tantôt deux ou plusieurs premières feuilles verticillées, deux ou plusieurs *cotyles*. L'embryon est dit *monocotylé* dans le premier cas, *dicotylé* ou *polycotylé* dans le second. C'est là un

caractère de premier ordre, sur lequel on reviendra tout à l'heure. La nature diverse des substances de réserve que l'embryon a accumulées en lui, en vue de son développement ultérieur à la germination, suivant qu'il est *amylacé*, ou *oléagineux*, ou *oléo-amylacé*, offre aussi des caractères différentiels, qui seront utilisés, mais qui ne doivent pas nous arrêter ici.

Le développement du trophime en un albumen, plus ou moins volumineux, suit aussi partout la même marche générale, avec des modifications secondaires. Tantôt cet albumen est complètement digéré par l'embryon en voie de croissance et il n'en reste plus trace autour de lui au moment où il passe à l'état de vie latente; il est tout entier *transitoire*. Tantôt une partie seulement de l'albumen est ainsi digérée; le reste subsiste, à côté ou autour de l'embryon, et passe avec lui à l'état de vie latente; il est, du moins pour cette partie, *permanent*. Cette première différence sera utilisée.

Dans l'albumen permanent, la structure varie : tantôt il est homogène dans toute son épaisseur, avec membranes minces, ou avec membranes fortement épaissies ; tantôt il offre à sa périphérie une assise ou une couche de cellules profondément différenciées. La nature des substances qu'il renferme varie aussi : s'il est vivant, il contient ces hydroleucites desséchés qu'on nomme des *grains d'aleurone ;* s'il est mort, il en est dépourvu. Dans les deux cas, les matières qu'il tient en réserve sont ou de l'amidon, il est *amylacé*; ou de la cellulose, il est *corné*; ou de la gomme, il est *gélatineux*; ou de l'huile, il est *oléagineux*; ou, à la fois, de l'huile et de l'amidon, il est *oléo-amylacé*. Toutes ces différences ont une valeur, mais seulement secondaire, dans la Classification.

Pendant que se développent ainsi l'œuf en un embryon et le trophime en un albumen, tout entier transitoire ou en partie permanent, la paroi du macrodiodange, lorsqu'elle subsiste au moment de la formation de l'œuf, c'est-à-dire quand l'ovule est perpariété, ou quand du

moins, à défaut d'ovule, le carpelle est nucellé, se comporte de deux manières différentes. Quelquefois elle persiste en s'épaississant et, plus tard, forme, autour de l'embryon et de l'albumen, une couche plus ou moins épaisse, qui passe avec eux à l'état de vie latente, après s'être remplie de matières de réserve. Cette paroi persistante du macrodiodange a reçu le nom de *périsperme*. La substance de réserve y est ordinairement de l'amidon, parfois de la cellulose.

Le plus souvent, la paroi du macrodiodange se résorbe et disparaît, digérée progressivement de dedans en dehors par l'albumen en voie de croissance, comme dans l'ovule transpariété elle l'est, avant la formation de l'œuf, par la macrodiode en voie de produire son prothalle ; il n'y a pas alors, il ne saurait y avoir, de périsperme.

Dans le premier cas, le tégument, simple ou double, de l'ovule persiste nécessairement et devient, en se modifiant plus ou moins, le tégument de la graine. Dans le second, il arrive aussi que le tégument de l'ovule persiste tout entier, plus ou moins transformé, dans la graine ; mais souvent l'albumen, tout de suite s'il est dès l'abord en contact avec lui, c'est-à-dire si l'ovule est transpariété, après avoir d'abord digéré la paroi du macrodiodange si l'ovule est perpariété, digère à son tour, de dedans en dehors et à divers degrés, le tégument simple ou double. Si la digestion s'arrête à l'épiderme externe ou tout au moins à sa cuticule, cet épiderme ou cette cuticule suffit pour faire à la graine un tégument propre, qui la sépare du péricarpe et lui conserve son autonomie dans le fruit. Mais si elle attaque aussi et fait disparaître complètement l'épiderme externe avec sa cuticule, il ne subsiste plus rien de l'ovule dans le fruit mûr, en dehors du prothalle femelle issu de la macrodiode : l'albumen s'applique alors directement contre la paroi du fruit, contre le péricarpe, avec lequel il fait corps et dont il est inséparable ; en un mot, il n'y a pas de graine. *Séminé* dans le premier cas, le fruit est *inséminé* dans le second. Il en est toujours et nécessairement ainsi quand il

n'y a pas d'ovule ou quand l'ovule n'a pas de nucelle. Cette différence sera utilisée dans la Classification de ce groupe. Chez les Astigmatées, le fruit est toujours séminé.

En se développant pour devenir la paroi du fruit, le péricarpe, les carpelles se modifient de diverses manières et offrent, en définitive, à la maturité une structure différente. Puis, de deux choses l'une. Ou bien le péricarpe demeure adhérent à la plante mère et s'ouvre de diverses façons pour laisser échapper les graines, qui se disséminent. Ou bien il ne s'ouvre pas, ce qui est toujours le cas lorsqu'il est inséminé; il se détache alors de la plante mère à sa base, soit seul, soit avec un ou plusieurs des verticilles floraux extérieurs, qui ont persisté et parfois se sont accrus autour de lui, soit même avec la partie inférieure de tous les verticilles floraux, lorsque le pistil était dès le début concrescent avec eux, auquel cas cette partie fait corps avec le péricarpe, soit même enfin avec le pédicelle floral, diversement accru au-dessous de lui. Lorsque le fruit indéhiscent est séminé, tantôt les graines sont mises en liberté par la destruction du péricarpe, tantôt elles y demeurent renfermées et c'est plus tard seulement, au moment où elles germent dans le fruit, que l'embryon perce d'abord le tégument de la graine, puis le péricarpe, pour se développer au dehors. Lorsque le fruit indéhiscent est inséminé, l'embryon, accompagné ou non d'un albumen permanent, y demeure toujours enfermé jusqu'à la germination, où il n'a à percer que le péricarpe, pour s'accroître dans le milieu extérieur. Ces différentes manières d'être du fruit mûr sont utilisées dans la Classification.

Plus tard enfin, au sortir de la vie latente, c'est-à-dire à la germination de la graine, soit libre, soit enfermée dans le fruit, ou à la germination du fruit lui-même, s'il est inséminé, l'embryon se comporte de diverses manières, et ce sont les dernières différences que l'on puisse faire entrer ici en ligne de compte, car toutes celles qui apparaîtront désormais sont relatives à la conformation et à la structure du corps végétatif.

En parcourant ainsi, depuis l'apparition de la fleur jus-

qu'à la germination de l'embryon, la longue série des phénomènes qui précèdent, accompagnent et suivent la formation de l'œuf des Stigmatées, on y a découvert une source abondante de caractères différentiels de toute sorte et de toute valeur, qu'il s'agit maintenant d'appliquer, suivant leur degré d'importance, à la Classification de cet immense sous-embranchement.

Division du sous-embranchement des Stigmatées en deux classes : les Métadiodées et les Homoudiodées. — Les deux modes de formation des microdiodes, suivant qu'il y a métadiodie ou homoudiodie, permettent de diviser aussitôt les Stigmatées en deux groupes primaires, qui seront des classes, et qu'on nommera respectivement les *Métadiodées* et les *Homoudiodées*. Le mode simultané dérivant du mode successif par accélération, et accélération étant signe de progrès, il y a lieu de considérer les Homoudiodées comme plus parfaites que les Métadiodées. En poursuivant notre exposition suivant la marche ascendante, c'est donc par ces dernières qu'il nous faudra commencer.

Mais tout d'abord, bien que ce soit sortir un peu de notre sujet, il n'est peut-être pas tout à fait inutile de remarquer que la division en deux classes ainsi établie se trouve corroborée par un caractère très différent, tiré de la structure du corps végétatif.

Chez les Métadiodées, en effet, la racine exfolie, comme on sait, complètement son épiderme dans la coiffe et développe son assise pilifère aux dépens de son exoderme ; en un mot, ces plantes sont toutes *liorhizes*. Chez les Homoudiodées, au contraire, la racine garde adhérente à son écorce l'assise interne de son épiderme, en exfoliant le reste pour former la coiffe, et c'est cette assise interne persistante de l'épiderme qui se développe en assise pilifère ; en un mot, ces plantes sont toutes *climacorhizes* (1).

(1) Voir à ce sujet : Ph. van Tieghem, *Recherches sur l'origine des membres endogènes* (Ann. des sc. nat., 7e série, t. VIII, 1888), et *Traité de Botanique*, 2e édition, p. 696, 1891.

Cette correspondance de deux caractères aussi profondément différents est de nature à justifier l'établissement de nos deux classes.

PREMIÈRE CLASSE

Métadiodées.

Caractérisée comme il vient d'être dit, la classe des Métadiodées offre, dans la conformation de l'embryon issu du développement de l'œuf, deux manières d'être, qui permettent d'y reconnaître aussitôt deux groupes distincts.

Division de la classe des Métadiodées en deux sous-classes : les Monocotyles et les Dicotyles. — Chez les unes, en effet, la tigelle forme à son sommet une seule première feuille engainante, une seule cotyle : l'embryon y est *monocotylé*. Chez les autres, elle forme au-dessous de son extrémité simultanément deux premières feuilles opposées, deux cotyles : l'embryon y est *dicotylé*.

De là une division en deux groupes primaires, ou sous-classes, que l'on nommera respectivement : les *Métadiodées monocotyles* ou plus simplement les *Monocotyles*, et les *Métadiodées dicotyles*.

Considérons-les séparément, en commençant par les Monocotyles, où la conformation de l'embryon est la plus simple.

PREMIÈRE SOUS-CLASSE

Monocotyles.

La fleur des Monocotyles offre, dans le périanthe, l'androcée et le pistil, bon nombre des modifications secondaires qui ont été indiquées plus haut pour l'ensemble des Stigmatées. Mais, au point de vue de l'origine et de la structure définitive des macrodiodanges, le carpelle n'y présente que trois des sept manières d'être dont on l'a vu capable, ce qui rend très homogène cette sous-classe, pourtant assez vaste.

Division de la sous-classe des Monocotyles en trois ordres. — Le carpelle y est, en effet, toujours ovulé et toujours

nucellé. Le fruit y est aussi toujours séminé. Mais tantôt l'ovule est perpariété, tantôt transpariété. Dans le premier cas, il n'est que très rarement unitegminé, presque toujours bitegminé. Dans le second, il est toujours bitegminé.

De là une subdivision de la sous-classe en trois ordres seulement, qu'on nommera respectivement : *Perpariétées unitegminées*, *Perpariétées bitegminées*, *Transpariétées bitegminées*, et qu'il faut maintenant considérer séparément.

Division en familles de l'ordre des Perpariétées unitegminées ou Triurinées. — Les Perpariétées unitegminées peuvent être groupées autour du genre Triure (*Triuris*) et l'ordre qu'elles constituent peut recevoir aussi le nom de *Triurinées*. Il est très restreint et se réduit pour le moment à une seule famille, les *Triuracées*, plantes tropicales humicoles.

Les fleurs y sont unisexuées et monopérianthées. Dans la fleur femelle, le pistil, indépendant du périanthe, est formé de nombreux carpelles libres et uniovulés.

Il n'est pas tout à fait certain que cette famille appartienne à la classe des Métadiodées. On n'y connaît encore, en effet, ni le mode de formation des microdiodes dans leurs cellules mères, ni le mode d'exfoliation de l'épiderme de la racine, et l'embryon, très petit, y demeure homogène comme chez beaucoup d'autres plantes humicoles. Si, plus tard, mieux connues, elles devaient être exclues de cette classe pour être reportées dans celle des Homoudiodées, l'ordre inférieur qu'elles y constituent seules aujourd'hui disparaîtrait du même coup.

Division en quatre alliances de l'ordre des Perpariétées bitegminées ou Liliinées. — Les Perpariétées bitegminées peuvent être groupées autour du genre Lis (*Lilium*), qui en offre l'organisation moyenne ; l'ordre qu'elles composent peut donc recevoir aussi le nom de *Liliinées*. Il est très vaste, de sorte qu'il est nécessaire de le diviser d'abord en alliances avant d'arriver aux familles. C'est à quoi l'on parvient facilement en considérant le périanthe et ses relations de concrescence avec l'androcée et le pistil.

Si le périanthe est nul ou simple, c'est l'alliance des *Cypérales*. S'il est double, concolore et vert, c'est l'alliance des *Joncales*. S'il est double, avec le verticille interne tout au moins coloré, ou bien il est indépendant de l'androcée et du pistil, et c'est l'alliance des *Liliales* ; ou bien il est concrescent avec l'androcée et le pistil dans sa région inférieure, ce qui rend ce dernier infère, et c'est l'alliance des *Iridales*.

De là, une division de l'ordre des Liliinées en quatre alliances, que résume le tableau suivant :

Liliinées. Périanthe	double,	coloré. Pistil	concrescent.	*Iridales.*
			libre.....	*Liliales.*
		vert.....		*Joncales.*
	nul ou simple.....			*Cypérales.*

Reprenons maintenant chacune de ces alliances, en suivant la marche ascendante de la complication florale, c'est-à-dire en commençant par les Cypérales pour finir par les Iridales, afin de voir comment elles se divisent en familles.

Division de l'alliance des Cypérales en neuf familles. — La fleur des Cypérales offre, parmi les Métadiodées, la conformation la plus simple, mais cette simplicité présente pourtant plusieurs degrés.

Elle est le plus souvent nue. S'il y a trois carpelles ouverts, entourant ensemble un seul ovule réfléchi et dressé, c'est la famille des *Cypéracées*, type de l'alliance. Si les fleurs sont de deux sortes : dans le même épi, c'est la famille des *Lemnacées* ; dans des épis distincts et superposés sur le même axe, c'est la famille des *Typhacées*. Si la fleur mâle compte un nombre indéterminé d'étamines, c'est la famille des *Pandanacées*. Si elle en compte un nombre déterminé : avec deux microdiodanges à chaque étamine, c'est la famille des *Centrolépidacées* ; avec quatre microdiodanges, c'est la famille des *Naïadacées*.

Elle est quelquefois munie d'un périanthe, toujours simple et libre. Les fleurs sont alors le plus souvent de deux sortes. Si elles sont régulièrement entremêlées dans le même épi et si la fleur femelle a quatre carpelles ouverts et multi-

ovulés, c'est la famille des *Cyclanthacées*. Si elles sont séparées dans des capitules distincts et si la fleur femelle n'a qu'un seul carpelle fermé et uniovulé, c'est la famille des *Sparganiacées*. Quelquefois la fleur est bisexuée, c'est la famille dès *Aponogétacées*.

L'alliance des Cypérales se trouve de la sorte composée de neuf familles, définies et rangées suivant la marche ascendante de la complication de la fleur dans le tableau suivant :

Cypérales. Périanthe	simple. Fleurs	bisexuées					*Aponogétacées.*
		unisexuées	entremêlées dans le même épi.				*Cyclanthacées.*
			séparées dans des capitules distincts				*Sparganiacées.*
	nul. Carpelles	concrescents et ouverts					*Cypéracées.*
		libres et fermés.	Fleurs unisexuées dans	des épis superposés.			*Typhacées* (1).
				le même épi			*Lemnacées* (1).
				indéterminé			*Pandanacées.*
			Étamines en nombre	déterminé	à quatre microdiodanges		*Naïadacées.*
					à deux microdiodanges		*Centrolépidacées.*

Division de l'alliance des Joncales en cinq familles. — Dans l'alliance des Joncales, le périanthe est double, non différencié et vert dans ses deux verticilles.

Les étamines y sont parfois en même nombre que les feuilles des autres verticilles : c'est la famille des *Restiacées*. D'ordinaire, elles sont en nombre double. Si alors les carpelles sont libres, c'est la famille des *Triglochinacées*; s'ils sont concrescents, avec chacun un seul ovule, s'il est droit c'est la famille des *Eriocaulacées*, s'il est réfléchi, c'est la famille des *Flagellariacées*; avec plusieurs ovules réfléchis, c'est la famille des *Joncacées*, type de l'alliance.

(1) Les Typhacées et les Lemnacées méritent une mention spéciale. Les unes et les autres ont, en effet, un nucelle très mince, où la macrodiode définitive, et le prothalle femelle qu'elle produit, n'est recouverte que par l'épiderme. Chez les Typhacées, cet épiderme persiste dans toute son étendue jusqu'après la formation de l'œuf. Chez les Lemnacées, il est résorbé sur les flancs, mais persiste au sommet en forme de calotte, que le tube vecteur du prothalle mâle a à traverser. Cela suffit, semble-t-il, pour que, dans les deux cas, l'ovule doive être regardé comme perpariété. Tout au plus doit-on considérer les Lemnacées comme offrant une transition marquée vers la structure transpariétée.

Cette composition de l'alliance des Joncales en cinq familles est résumée dans le tableau suivant :

JONCALES. Étamines en nombre	double. Carpelles	concrescents. Ovules	plusieurs, réfléchis.		*Joncacées.*
			solitaires	réfléchis.	*Flagellariacées.*
				droits....	*Eriocaulacées.*
		libres.....			*Triglochinacées.*
	égal.....				*Restiacées.*

Division de l'alliance des Liliales en dix familles. — Les Liliales ont un périanthe double, coloré tout au moins dans son verticille interne.

Si le verticille externe est vert, les carpelles sont fermés, libres et multiovulés dans la famille des *Butomacées*, fermés, libres et uniovulés dans la famille des *Alismacées*. Ils sont ouverts et concrescents entre eux dans la famille des *Maïacacées*. Ils sont fermés et concrescents entre eux, avec ovules droits dans la famille des *Commélinacées*, avec ovules réfléchis dans la famille des *Rapatéacées*.

Si le verticille externe est coloré, les carpelles sont quelquefois ouverts; avec ovules droits, c'est la famille des *Xyridacées*; avec ovules réfléchis, s'il y a trimérie, comme d'ordinaire, c'est la famille des *Philydracées*, si la fleur est, par exception, dimère, c'est la famille des *Stémonacées*. S'ils sont fermés, avec fleur zygomorphe, c'est la famille des *Pontédériacées*; avec fleur actinomorphe, c'est la famille des *Liliacées*, type de l'alliance.

L'alliance des Liliales se trouve de la sorte composée de dix familles, définies par le tableau suivant :

LILIALES. Périanthe à verticille externe	coloré. Carpelles	fermés, avec	actinomorphie.....		*Liliacées.*
			zygomorphie.....		*Pontédériacées.*
		ouverts. Ovules	réfléchis. Fleur	dimère...	*Stémonacées.*
				trimère..	*Philydracées.*
			droits.....		*Xyridacées.*
	vert. Carpelles	concrescents	fermés. Ovules	réfléchis.	*Rapatéacées.*
				droits....	*Commélinacées.*
			ouverts, ovules droits....		*Maïacacées.*
		libres.....	multiovulés.....		*Butomacées.*
			uniovulés.....		*Alismacées.*

Division de l'alliance des Iridales en douze familles. — Les Iridales ont un périanthe double, concrescent avec l'an-

drocée et le pistil dans la région inférieure, ce qui rend le pistil infère.

Quelquefois le verticille interne du périanthe est seul coloré et les carpelles sont ouverts : c'est la famille des *Hydrocharitacées*. Le plus souvent, le périanthe est coloré dans ses deux verticilles ; les carpelles sont alors ouverts dans la famille des *Taccacées* ; partout ailleurs, ils sont fermés. Si les étamines sont en nombre double, avec fleur unisexuée, c'est la famille des *Dioscoréacées* ; avec fleur bisexuée, si l'albumen est oléagineux, c'est la famille des *Amaryllidacées* ; s'il est amylacé, c'est la famille des *Broméliacées*. Si elles sont en nombre plus grand, par suite de ramification, c'est la famille des *Velloziacées*. Si elles sont en nombre égal, avec microdiodanges sur la face externe, c'est la famille des *Iridacées*, type de l'alliance ; avec microdiodanges sur la face interne, c'est la famille des *Hémodoracées*. Si elles sont en nombre inégal, par suite d'un avortement plus ou moins grand causé par la zygomorphie de la fleur, avec cinq étamines persistantes, c'est la famille des *Musacées* ; avec une seule, c'est la famille des *Zingibéracées* ; avec la moitié d'une seulement, si les carpelles sont, comme d'ordinaire, multiovulés, c'est la famille des *Cannacées*, s'ils sont uniovulés, c'est la famille des *Marantacées*.

Ainsi composée de douze familles, l'alliance des Iridales a sa constitution résumée dans le tableau suivant :

IRIDALES. Calice coloré. Fleur bisexuée. Carpelles fermés. Étamines en nombre	inégal,	une demie. Carpelles	uniovulés			*Marantacées.*
			multiovulés			*Cannacées.*
		une				*Zingibéracées.*
		cinq				*Musacées.*
	simple	extrorses				*Iridacées.*
		introrses				*Hémodoracées.*
	plus grand, par ramification					*Velloziacées.*
	double. Albumen	oléagineux				*Amaryllidacées.*
		amylacé				*Broméliacées.*
	ouverts					*Taccacées.*
	unisexuée					*Dioscoréacées.*
vert. Fleur unisexuée. Carpelles ouverts						*Hydrocharitacées.*

Résumé de l'ordre des Perpariétées biteyminées ou Liliinées. — Il suffit maintenant de superposer de bas en haut les

quatre tableaux partiels qui précèdent pour obtenir le tableau d'ensemble résumant la composition de l'ordre tout entier des Perpariétées bitegminées, ou Liliinées, en quatre alliances et trente-six familles.

Cet ordre est, comme on voit, très étendu et offre tous les degrés de l'organisation florale, depuis le plus simple, où elle est unisexuée et nue, jusqu'au plus compliqué, où elle est bisexuée dipérianthée, à verticilles tous concrescents dans la région inférieure, et fortement zygomorphe.

Division en trois alliances de l'ordre des Transpariétées bitegminées ou Phénicinées. — Les Transpariétées bitegminées peuvent être groupées autour de la famille des *Phénicacées*, qui en offre l'organisation florale moyenne ; l'ordre qu'elles constituent peut donc recevoir aussi le nom de *Phénicinées*.

D'après le périanthe et ses relations avec l'androcée et le pistil, joint à la disposition des fleurs, on y distingue trois alliances. Tantôt le périanthe, double et concolore, demeure indépendant du pistil, qui est supère ; avec fleurs disposées en un épi simple, c'est l'alliance des *Arales* ; avec fleurs disposées en une grappe d'épis, c'est l'alliance des *Phénicales*. Tantôt le périanthe, double et discolore, est concrescent dans sa région inférieure avec le pistil, qui est infère : c'est l'alliance des *Orchidales*.

Cette division de l'ordre des Phénicinées en trois alliances est résumée comme il suit :

PHÉNICINÉES. Périanthe	discolore et concrescent au pistil...		*Orchidales.*
	concolore et indépendant du pistil. Fleurs	en grappe d'épis.	*Phénicales.*
		en épi simple...	*Arales.*

Reprenons maintenant chacune de ces trois alliances, pour en caractériser les familles.

Division de l'alliance des Arales en quatre familles. — Chez les Arales, tantôt les fleurs sont unisexuées et dépourvues de périanthe, les femelles occupant la base de l'épi, les mâles au-dessus : s'il n'y a qu'une seule fleur femelle,

c'est la famille des *Pistiacées*; s'il y en a plusieurs, c'est la famille des *Aracées*. Tantôt les fleurs sont bisexuées et pareilles tout le long de l'épi, mais encore dépourvues de périanthe : c'est la famille des *Callacées*. Tantôt, enfin, les fleurs sont bisexuées, mais munies d'un périanthe double et concolore : c'est la famille des *Acoracées*.

Cette division de l'alliance des Arales en quatre familles est résumée dans le tableau suivant :

Arales. Fleurs	périanthées			*Acoracées*.
	apérianthées	bisexuées		*Callacées*.
		unisexuées.	Plusieurs fleurs femelles.	*Aracées*.
			Une seule fleur femelle..	*Pistiacées* (1).

Division de l'alliance des Phénicales en six familles. — Chez les Phénicales, les carpelles, toujours uniovulés et à ovule dressé, sont libres et le pistil est dialycarpelle dans la famille des *Phénicacées*; partout ailleurs, ils sont concrescents et le pistil est gamocarpelle. L'ovule est droit et, par conséquent, l'embryon est apical dans la famille des *Borassacées*. L'ovule est réfléchi vers le haut, c'est-à-dire hyponaste, et, par conséquent, l'embryon est basilaire interne, dans la famille des *Lépidocaryacées*, où en même temps le fruit est cuirassé d'émergences écailleuses. L'ovule est réfléchi vers le bas, c'est-à-dire épinaste, et, par conséquent, l'embryon est basilaire externe, dans la famille des *Céroxylacées*. D'une fleur à l'autre, les fruits se soudent en une masse compacte dans la famille des *Phytélephantacées*. Enfin, les carpelles sont ouverts et le pistil uniloculaire dans la famille des *Nipacées*.

Cette division de l'alliance des Phénicales en six familles est résumée par le tableau suivant :

(1) On a vu plus haut (p. 301, en note) que, par leur nucelle entièrement résorbé sur les flancs dès avant la formation de l'œuf, les Lemnacées font transition vers l'ordre des Transpariétées bitegminées qui nous occupe en ce moment. Si l'on se décidait à les introduire dans cet ordre, c'est ici, dans l'alliance des Arales, et à la base de cette alliance, à côté des Pistiacées, qu'elles viendraient prendre place.

Phénicales. Carpelles	concrescents.	ouverts				*Nipacées.*
		fermés. Fruits	soudes			*Phytélephantacées.*
			libres. Ovule	réflé-chi	vers le bas. Fruit nu	*Céroxylacées.*
					vers le haut. Fruit cuirassé	*Lépidocaryacées.*
				droit		*Borassacées.*
	libres					*Phénicacées* (1).

Division de l'alliance des Orchidales en deux familles. — Chez les Orchidales, le périanthe est double, à deux verticilles différenciés et il est concrescent dans sa région inférieure avec l'ensemble des diodophylles, ce qui rend le pistil infère.

Les étamines y sont tantôt libres dans leur région supérieure, c'est la famille des *Burmanniacées*; tantôt concrescentes avec les carpelles le long des styles jusqu'à leur sommet, c'est la famille des *Orchidacées.*

L'alliance des Orchidales se réduit, pour le moment, à ces deux familles, ainsi définies :

Orchidales.	Etamines	concrescentes avec les carpelles tout du long	*Orchidacées.*
		libres dans leur région supérieure.	*Burmanniacées.*

Résumé de l'ordre des Transpariétées bitegminées ou Phénicinées. — En superposant les trois tableaux partiels qui précèdent, on obtient le tableau d'ensemble résumant la composition de l'ordre tout entier des Transpariétées bitegminées, ou Phénicinées, en trois alliances et douze familles.

Quoique beaucoup moins vaste que celui des Liliinées, il n'en offre pas moins les divers degrés de l'organisation florale, depuis le plus simple, où elle est unisexuée et

(1) On remarquera que les familles qui composent d'une part notre alliance des Arales, de l'autre notre alliance des Phénicales, ont été regardées jusqu'ici comme les tribus d'une même famille, savoir les *Aroïdées* ou *Aracées* pour la première, les *Palmiers* pour la seconde. Le temps me paraît venu de donner à chacun de ces deux groupes une valeur plus haute, en le considérant comme un ensemble de familles, celles-ci se trouvant séparées par des caractères tout aussi importants que partout ailleurs. L'ordre nouveau des Transpariétées bitegminées en reçoit, du même coup, une extension et une importance plus grandes.

apérianthée, jusqu'au plus élevé, où elle est bisexuée, dipérianthée, à verticilles tous concrescents dans leur région inférieure, et profondément zygomorphe.

Résumé de la sous-classe des Monocotyles. — Il suffit maintenant de superposer de bas en haut tous les tableaux partiels qui précèdent, pour avoir sous les yeux la composition de la sous-classe tout entière des Monocotyles, avec ses trois ordres, ses huit alliances et ses quarante-neuf familles.

De ces trois ordres, c'est celui où la fleur offre, au point de vue de la structure du macrodiodange, la complication moyenne, celui des Liliinées, qui est de beaucoup le plus largement représenté, puisqu'il compte à lui seul trente-cinq familles. L'état immédiatement inférieur n'y est offert que par une seule petite famille. Au contraire, l'état le plus élevé, celui où l'ovule est transpariété bitegminé, y compte d'assez nombreux représentants.

Chez les Astigmatées, c'était, au contraire, l'ovule pernucellé unitegminé qui comptait le plus grand nombre de représentants, tandis que l'ovule pernucellé bitegminé ne s'y rencontrait que dans une seule famille et que les états supérieurs n'y étaient pas réalisés du tout.

C'est la preuve que, sous ce rapport, la sous-classe des Monocotyles se montre, dans son ensemble, supérieure au sous-embranchement des Astigmatées.

DEUXIÈME SOUS-CLASSE

Métadiodées dicotyles.

Définie comme on sait (p. 298), la sous-classe des Métadiodées dicotyles est très restreinte. L'ovule y est toujours perpariété et bitegminé ; elle ne se laisse donc pas subdiviser d'après ce caractère. A quelques exceptions près, le fruit y est aussi toujours pourvu de graines, séminé. Mais la conformation de l'embryon dicotylé y offre deux manières d'être, qui permettent d'y distinguer deux ordres.

Division de la sous-classe des Métadiodées dicotyles en deux ordres : les Hétérocotyles et les Isocotyles. — Tantôt, en effet, les deux cotyles sont très inégales, l'une ayant acquis son plein développement, l'autre étant plus ou moins atrophiée, parfois même complètement avortée, la cause de cette atrophie ou de cet avortement étant d'ailleurs facile à apercevoir. Tantôt, au contraire, les deux cotyles sont de tout point semblables. D'où une subdivision de la sous-classe en deux groupes secondaires, que l'on regardera comme des ordres et que l'on nommera : le premier, les *Hétérocotyles*, le second, les *Isocotyles*. Considérons-les séparément, en commençant par les Hétérocotyles, qui font évidemment transition vers les Monocotyles.

Division en deux familles de l'ordre des Hétérocotyles ou Avéninées. — Les Hétérocotyles peuvent être groupées autour du genre Avoine (*Avena*), de sorte que l'ordre qu'elles constituent peut recevoir aussi le nom de *Avéninées*.

La fleur y est d'ordinaire bisexuée, zygomorphe, à périanthe simple, avec un pistil formé d'un seul carpelle uniovulé. Pendant le développement de l'œuf en embryon et du trophime en albumen, le tégument externe de l'ovule se résorbe presque toujours, et, par l'intermédiaire de la substance glutineuse ainsi produite, l'ovule se soude au péricarpe et fait corps avec lui, de manière que le fruit mûr paraît inséminé. Parfois même, le tégument interne disparaissant aussi, il n'y a réellement plus de graine, et le fruit est véritablement inséminé.

Dans tous les cas, l'embryon de ces plantes offre, notamment dans la manière d'être de la grande cotyle par rapport à la tigelle, deux conformations bien distinctes, qui permettent aussitôt d'y reconnaître deux familles.

La grande cotyle se compose partout de deux parties : la supérieure, toujours libre tout du long, et l'inférieure, qui se comporte différemment. Tantôt, en effet, cette partie descendante de la grande cotyle est tout aussi indépendante de la tigelle que sa partie montante, et en atteint l'extré-

mité inférieure, qu'elle dépasse même quelquefois en se reployant en avant. La grande cotyle forme alors, au flanc de la tigelle, une sorte d'écusson, libre tout autour du point d'attache; l'embryon peut être dit *lysaspidé* (1). En même temps, lorsque la tigelle s'allonge entre les cotyles et la gemmule qu'elle soulève, ce qui se fait déjà dans la période embryonnaire et se continue plus tard à la germination, cet allongement s'opère au-dessus du départ de la méristèle de la grande cotyle, au-dessus du nœud cotylaire par conséquent, et produit, entre les cotyles et la première feuille de la gemmule, un véritable entre-nœud plus ou moins long, dont l'écorce est, naturellement, dépourvue de méristèle. L'ensemble des plantes offrant ces deux caractères forme une famille, qu'on nommera soit les *Lysaspidées*, d'après le premier, le plus frappant et le plus facile à constater, soit les *Panicacées*, si on les range autour du genre Panic (*Panicum*), qui est l'un de leurs types les plus connus.

Tantôt, au contraire, la partie descendante de la grande cotyle est concrescente avec la tigelle tout du long et s'arrête avant d'en atteindre l'extrémité inférieure, en formant un cran à sa surface; l'écusson n'est plus libre ici au-dessous de son insertion et l'embryon peut être dit *synaspidé* (2). En même temps, l'allongement de la tigelle vers le haut, qui soulève la gemmule, a lieu au-dessous du point de départ de la méristèle de la grande cotyle, dans l'épaisseur du nœud par conséquent, et produit entre les cotyles et la gemmule un tronçon de tige plus ou moins long, qui n'est pas autre chose que le nœud cotylaire allongé vers le haut dans sa région supérieure. Tout le long de ce tronçon, la méristèle de la grande cotyle descend dans l'épaisseur de l'écorce en tournant en dedans le liber, en dehors le bois de son faisceau libéroligneux, pour entrer à sa base dans la grande cotyle, où elle se répand et se termine. L'ensemble des plantes offrant ces deux caractères forme une seconde

(1) De λυω, le sépare, et ασπίς, écusson.
(2) De σὺν, marquant union, et ασπίς, écusson.

famille, qu'on nommera soit les *Synaspidées*, d'après le premier, soit les *Avénacées*, si on les range autour du genre Avoine (*Avena*), qui est l'un de leurs types les plus répandus.

Cette division de l'ordre des Avéninées en deux familles est résumée dans le tableau suivant :

Avéninées. Partie descendante de la grande cotyle.....	concrescente.	*Synaspidées* ou *Avénacées*.
	libre.....	*Lysaspidées* ou *Panicacées* (1).

Division en deux familles de l'ordre des Isocotyles ou Nymphéinées. — Les Isocotyles peuvent être groupées autour du genre Nymphée (*Nymphæa*) et l'ordre qu'elles constituent peut, en conséquence, recevoir aussi le nom de *Nymphéinées*.

La fleur y est bisexuée, à périanthe double avec corolle dialypétale, et à pistil indépendant. Les ovules y sont toujours attachés sur les faces latérales des carpelles et la paroi du macrodiodange y persiste toujours en s'accroissant, pendant le développement de l'œuf en embryon et du trophime en albumen, de manière à former plus tard dans la graine un abondant périsperme amylacé. Mais tantôt les carpelles sont libres, c'est la famille des *Cabombacées*; tantôt ils sont concrescents, c'est la famille des *Nymphéacées*.

Le tableau suivant résume cette division de l'ordre des Nymphéinées en deux familles :

Nymphéinées. Carpelles	concrescents.....	*Nymphéacées*.
	libres.....	*Cabombacées*.

Résumé de la sous-classe des Métadiodées dicotyles. — En

(1) Jusqu'à présent on a toujours considéré l'ensemble de toutes ces plantes comme ne formant qu'une seule famille, une et indivisible, les *Graminées*, l'une des plus vastes, comme on sait, et des plus importantes du règne végétal. Mais aujourd'hui que la structure mieux connue de l'embryon, dans le fruit mûr et plus tard à la germination, y a révélé deux allures très différentes, corroborées d'ailleurs par plusieurs autres caractères, tirés de la fleur et du fruit, moins importants et sur lesquels il n'y a pas lieu d'insister ici, il est devenu nécessaire de distinguer dans la même mesure les deux groupes correspondants. Voy. sur ce sujet : Ph. van Tieghem, *Morphologie de l'embryon et de la plantule chez les Graminées et les Cypéracées* (*Ann. des Sc. nat. Bot.*, 8e série, t. III, p. 259, 1897), et *Éléments de botanique*, 3e édit., t. II, p. 256, 258, 259, 1898).

superposant ces deux groupes, on obtient le tableau qui résume la composition de la petite sous-classe des Métadiodées dicotyles en deux ordres et quatre familles.

Le trait caractéristique de cette sous-classe, et ce qui en fait l'intérêt propre, c'est d'être intermédiaire entre les Monocotyles, qui sont toutes, comme elle, métadiodées et liorhizes, et les Homoudiodées, qui sont toutes, comme elle, dicotylées ainsi qu'on le verra bientôt. Et le passage s'y opère à deux degrés : l'ordre des Avéninées ou Hétérocotyles étant plus près des Monocotyles, celui des Nympheïnées ou Isocotyles plus près des Homoudiodées.

Résumé de la classe des Métadiodées. — Si maintenant l'on superpose, dans l'ordre où ils ont été tracés, tous les tableaux partiels qui précèdent, on obtient le tableau d'ensemble qui résume la composition de la classe tout entière des Métadiodées en deux sous-classes, cinq ordres, dix alliances et cinquante-trois familles, comme il suit :

- **MÉTADIODÉES.**
  - Dicotyles.
    - ISOCOTYLES ou NYMPHÉINÉES. — NYMPHÉALES.. *Nymphéacées.* *Cabombacées.*
    - HÉTÉROCOTYLES ou AVÉNINÉES..... — AVÉNALES.... *Avénacées.* *Panicacées.*
  - Monocotyles.
    - TRANSPARIÉTÉES BITEGMINÉES ou PHÉNICINÉES.
      - ORCHIDALES.. *Orchidacées.* *Burmanniacées.*
      - PHÉNICALES.. *Nipacées.* *Phytéléphantacées.* *Céroxylacées.* *Lépidocaryacées.* *Borassacées.* *Phénicacées.*
      - ARALES..... *Acoracées.* *Callacées.* *Aracées.* *Pistiacées.*
    - PERPARIETÉES BITEGMINÉES ou LILIINÉES.
      - IRIDALES..... *Marantacées.* *Cannacées.* *Zingibéracées.* *Musacées.* *Iridacées.* *Hémodoracées.* *Velloziacées.* *Broméliacées.* *Amaryllidacées.* *Taccacées.* *Dioscoréacées.* *Hydrocharitacées.*
      - LILIALES..... *Liliacées.* *Pontédériacées.* *Stémonacées.* *Philydracées.* *Xyridacées.* *Rapatéacées.* *Commélinacées.* *Maïacacées.* *Butomacées.* *Alismacées.*
      - JONCALES.... *Joncacées.* *Flagellariacées.* *Eriocaulacées.* *Triglochinacées.* *Restiacées.*
      - CYPÉRALES... *Aponogétacées.* *Cyclanthacées.* *Sparganiacées.* *Cypéracées.* *Typhacées.* *Lemnacées.* *Pandanacées.* *Naïadacées.* *Centrolépidacées.*
    - PERPARIÉTÉES UNITEGMINÉES ou TRIURINÉES..... — TRIURALES... *Triuracées.*

DEUXIÈME CLASSE

Homoudiodées.

Dans le groupe immense des Homoudiodées, l'embryon offre partout la même conformation essentielle. Sa tigelle produit toujours au sommet simultanément, d'ordinaire deux premières feuilles opposées, deux cotyles, quelquefois un plus grand nombre, verticillées; il est, en un mot, ordinairement dicotylé, parfois polycotylé. La classe reste donc indivise sous ce rapport et, n'était l'existence de la sous-classe des Métadiodées dicotyles, on pourrait sans inconvénient lui conserver le nom de *Dicotyles* ou de *Dicotylédones*, qu'un très long usage lui a attribué.

La fleur y subit, dans le périanthe, dans l'androcée et dans le pistil, toute la série des modifications secondaires qu'on y a constatées plus haut dans l'ensemble des Stigmatées. Le pistil y offre aussi, dans l'origine et la structure définitive des macrodiodanges, toute la série des modifications primaires dont on l'a vu capable et qui se traduisent, comme on sait (p. 291), par sept manières d'être différentes. Enfin, le fruit qui en procède tantôt renferme des graines, tantôt en est dépourvu; séminé dans le premier cas, il est inséminé dans le second.

En même temps qu'il est très vaste, ce groupe est donc très hétérogène, ce qui en rend aussi la Classification plus compliquée.

Division de la classe des Homoudiodées en deux sous-classes : les Inovulées et les Ovulées. — Suivant que le carpelle, et le pistil tout entier, y est inovulé ou ovulé, elle se partage aussitôt en deux groupes primaires, qu'on regardera comme des sous-classes et qu'on nommera respectivement les *Inovulées* et les *Ovulées*.

Considérons séparément ces deux sous-classes, en commençant par celle des Inovulées.

PREMIÈRE SOUS-CLASSE

Inovulées.

L'absence d'ovules, qui est le caractère propre de la sous-classe des Inovulées, lui donne un grand intérêt au point de vue de la Botanique générale. Cette disposition, évidemment inférieure, n'existe, en effet, comme on l'a vu, ni chez les Astigmatées, ni dans la classe des Métadiodées chez les Stigmatées. Réalisée ici pour la première fois, elle montre que la classe des Homoudiodées, si elle s'élève plus haut que toutes les autres Endoprothallées, descend aussi, sous ce rapport, plus bas qu'aucune d'elles, de manière à offrir toute la gamme des modifications dont la fleur de ces plantes est susceptible.

N'ayant pas d'ovules dans le pistil, ces plantes n'ont pas non plus, et ne sauraient avoir, de graines dans le fruit. Elles sont donc toutes inséminées. Lors du passage à l'état de vie latente, l'embryon, toujours unique et presque toujours accompagné d'un albumen permanent, est directement plongé dans la substance du péricarpe, qui est indéhiscent et se détache tout entier de la plante adulte. A la germination, il n'a donc qu'à traverser le péricarpe pour se développer au dehors.

Division de la sous-classe des Inovulées en deux ordres : les Innucellées et les Nucellées. — Suivant que le macrodiodange est totalement immergé dans l'écorce du carpelle ou qu'il fait à sa surface une protubérance marquée, en d'autres termes, suivant que le carpelle, et le pistil tout entier, est dépourvu ou muni de nucelle (p. 288), la classe des Inovulées se partage en deux groupes secondaires, qui seront des ordres, et qu'on nommera respectivement les *Innucellées* et les *Nucellées*.

Il faut maintenant étudier séparément ces deux ordres, en commençant par le plus simple, celui des Innucellées, pour

voir comment les modifications secondaires de la fleur permettent d'en caractériser les familles.

Division en sept familles de l'ordre des Inovulées innucellées ou Loranthinées. — Les Inovulées innucellées peuvent être groupées autour du genre Loranthe (*Loranthus*), qui est un de leurs types les plus élevés et les plus anciennement connus ; l'ordre qu'elles composent peut, en conséquence, recevoir aussi le nom de *Loranthinées*.

Certaines Loranthinées ont des fleurs unisexuées, pourvues d'un périanthe simple, qu'on appelle un *calice*, dont les feuilles sont des *sépales*. Dans la fleur mâle, les étamines sont toujours en même nombre que les sépales, auxquels elles sont superposées. Dans la fleur femelle, on observe deux dispositions. Tantôt elle est nue, sans trace de périanthe ; elle ne renferme alors qu'un seul carpelle ouvert, ne produisant aussi dans son intérieur qu'un seul macrodiodange : c'est la famille des *Balanophoracées*. Tantôt elle est enveloppée aussi d'un périanthe simple, d'un calice, et comprend alors deux carpelles ouverts, superposés à deux des sépales ; concrescents, non seulement entre eux bord à bord dans toute leur longueur, de manière à circonscrire une cavité centrale bientôt oblitérée, mais encore avec le calice en dehors dans leur région inférieure, ces carpelles produisent chacun, à l'intérieur de sa base, un nombre assez grand et indéterminé de macrodiodanges : c'est la famille des *Viscacées*.

D'autres Loranthinées ont les fleurs bisexuées, munies d'un périanthe double, formé de deux verticilles alternes de feuilles stériles : l'externe, ou calice, dont les feuilles sont les sépales ; l'interne, ou *corolle*, dont les feuilles sont les *pétales*. Le calice y a toujours ses sépales concrescents bord à bord en un tube, en un mot, il est toujours gamosépale. Les étamines y sont toujours en même nombre que les pétales, auxquels elles sont superposées et avec lesquels elles sont concrescentes dans leur région inférieure. Les carpelles y sont aussi toujours typiquement en même nombre

que les sépales, auxquels ils sont superposés, mais ce nombre est souvent réduit par avortement; ils sont toujours concrescents entre eux latéralement dans toute leur longueur et sont, en outre, dans leur région inférieure, concrescents en dehors avec les trois verticilles externes, eux-mêmes concrescents entre eux, ce qui rend l'ovaire infère.

Ce qui varie, c'est la corolle, dont les pétales sont tantôt libres, tantôt concrescents en tube, qui est tantôt dialypétale, tantôt gamopétale. Ce qui varie aussi, ce sont les carpelles, qui sont : tantôt ouverts, limitant ensemble une seule loge centrale, bientôt oblitérée, et produisant alors dans leur base chacun un nombre assez grand et indéterminé de macrodiodanges; tantôt fermés, formant autant de logettes disposées en cercle et de bonne heure oblitérées, et ne produisant alors, dans leur base et du côté interne, chacun qu'un seul macrodiodange. Ce qui varie encore, c'est, au moment du passage à l'état de vie latente, la consistance de la paroi des carpelles, c'est-à-dire du péricarpe, qui est tantôt et le plus souvent charnue dans toute son épaisseur, tantôt et plus rarement charnue seulement dans sa zone externe, ligneuse au contraire dans sa zone interne.

Lorsque la corolle est dialypétale, si les carpelles sont ouverts, c'est la famille des *Loranthacées*, type de l'ordre ; s'ils sont fermés, avec péricarpe tout entier charnu, c'est la famille des *Treubaniacées* ; avec péricarpe charnu en dehors, ligneux en dedans, c'est la famille des *Gaïadendracées*. Lorsque la corolle est gamopétale, si les carpelles sont ouverts, c'est la famille des *Dendrophthoacées* ; s'ils sont fermés, c'est la famille des *Elytranthacées*.

L'ordre des Loranthinées se trouve de la sorte partagé en sept familles, échelonnées, comme l'indique le tableau suivant, suivant la marche ascendante de la complication de la fleur :

LORANTHINÉES. Fleur	bisexuée. Périanthe double. Corolle	gamopétale. Carpelles	fermés		*Elytranthacées.*
			ouverts		*Dendrophthoacées.*
		dialypétale. Carpelles	fermés, péricarpe	charnu en dehors, ligneux en dedans	*Gaïadendracées.*
				tout entier charnu	*Treubaniacées.*
			ouverts		*Loranthacées.*
	unisexuée.	Périanthe	simple. Deux carpelles ouverts		*Viscacées.*
			nul dans la fleur femelle. Un seul carpelle ouvert.		*Balanophoracées.*

D'après les quatre degrés de l'organisation florale, on pourrait grouper ces sept familles en quatre alliances. Les Dendrophthoacées et les Elytranthacées, où la corolle est gamopétale, formeraient ensemble l'alliance des *Elytranthales*. Les Loranthacées, les Treubaniacées et les Gaïadendracées, où elle est dialypétale, composeraient ensemble l'alliance des *Loranthales*. Les Viscacées, où la fleur est apétale, constitueraient à elles seules l'alliance des *Viscales*. Les Balanophoracées, enfin, où la fleur femelle est apérianthée, formeraient aussi à elles seules l'alliance des *Balanophorales*.

Le tableau qui précède prendrait alors la forme suivante :

LORANTHINÉES. Fleur	bisexuée, dipérianthée. Corolle	gamopétale. . . .	ÉLYTRANTHALES. .	*Elytranthacées.* *Dendrophthoacées.*
		dialypétale	LORANTHALES. . . .	*Gaïadendracées.* *Treubaniacées.* *Loranthacées.*
	unisexuée. Fleur femelle	monopérianthée.	VISCALES	*Viscacées.*
		apérianthée	BALANOPHORALES.	*Balanophoracées.*

Cette disposition a l'avantage d'exprimer plus nettement les affinités inégales de ces sept familles, en montrant l'isolement des Balanophoracées et des Viscacées, tandis que les autres se rapprochent en deux groupes.

Division en cinq familles de l'ordre des Inovulées nucellées ou Anthobolinées. — Les Inovulées nucellées peuvent être groupées autour du genre Anthobole (*Anthobolus*), pris pour type, et l'ordre qu'elles constituent peut recevoir, en conséquence, le nom d'*Anthobolinées*.

La fleur y comprend toujours plusieurs carpelles ouverts, concrescents bord à bord dans toute leur longueur, de manière à limiter une cavité close, et produisant à leur base chacun un seul macrodiodange saillant en forme de cone dressé, en un mot, un nucelle, enveloppé dans cette cavité. Ce qui varie, c'est la composition de la fleur, qui est unisexuée ou bisexuée, à périanthe simple ou double, parfois nul dans la fleur femelle; c'est que, si les carpelles sont d'ordinaire concrescents dans leur région inférieure avec les verticilles externes, ils en sont aussi quelquefois indépendants; c'est, surtout, que si le plus souvent chaque carpelle porte à sa base un nucelle, qui est alors concrescent avec ses voisins dans toute sa longueur, comme le sont entre elles les feuilles génératrices, il arrive aussi qu'un seul des carpelles soit fertile et que la loge ne renferme, en conséquence, qu'un seul nucelle, qui est libre dans sa cavité.

Cette dernière disposition, la plus simple, ne se présente que dans la famille des *Anthobolacées*, type de l'ordre; jointe à l'indépendance des carpelles par rapport aux verticilles externes de la fleur, qui laisse l'ovaire supère, elle suffit à la caractériser nettement.

Chez les *Hélosacées*, où la fleur est unisexuée, le périanthe manque à la fleur femelle, qui se réduit à deux carpelles renfermant dans leur cavité deux nucelles concrescents en un massif unique; ce massif contient donc deux prothalles femelles, et ces prothalles y demeurent inclus.

Chez les *Arceuthobiacées*, où la fleur est également unisexuée, les deux carpelles de la fleur femelle sont entourés par un périanthe simple, par un calice formé de deux sépales, auxquels ils sont superposés et avec lesquels ils sont concrescents dans leur région inférieure, ce qui rend l'ovaire infère; la loge qu'ils circonscrivent renferme aussi deux nucelles, concrescents en une colonne unique, contenant deux prothalles femelles, qui y demeurent inclus.

Chez les *Ginallacées*, où la fleur est encore unisexuée et

munie d'un périanthe simple, le calice de la fleur femelle est formé de trois sépales, à deux desquels sont superposés deux carpelles, le troisième ayant avorté, et il y a également concrescence entre les deux verticilles dans la région inférieure. La loge centrale enveloppe aussi deux nucelles, concrescents en une masse unique renfermant deux prothalles femelles ; mais ici ces prothalles s'accroissent vers le bas, par suite de l'allongement en tube de la mésocyste, traversent la base d'insertion du nucelle et remontent dans la paroi externe du carpelle correspondant, à la rencontre du tube prothallien mâle.

Enfin, chez les *Nuytsiacées*, la fleur est bisexuée, avec un périanthe double, formé d'un calice gamosépale et d'une corolle dialypétale. Les étamines sont en même nombre que les pétales, auxquels elles sont superposées et avec lesquels elles sont concrescentes dans la région inférieure. Les carpelles y sont aussi en même nombre et alternent avec les étamines ; ils sont concrescents avec les trois verticilles externes, dans leur région inférieure, ce qui rend l'ovaire infère. Ils sont ouverts et concrescents entre eux bord à bord dans toute leur longueur, de manière à limiter une loge unique ; chacun d'eux produit à sa base un nucelle, qui est concrescent avec ses congénères dans toute sa longueur ; la colonne ainsi formée remplit toute la loge et renferme autant de prothalles femelles qu'il y a de carpelles. Chacun de ces prothalles allonge en tube sa mésocyste, mais sans sortir du nucelle correspondant; ils demeurent donc tous inclus dans la colonne axile.

L'ordre des Anthobolinées se trouve de la sorte composé de cinq familles, définies et rangées, suivant la marche ascendante de la complication de la fleur, dans le tableau suivant :

ANTHOBOLINÉES. Fleur	bisexuée. Périanthe	double et concrescent. Plusieurs nucelles concrescents.		*Nuytsiacées.*
		simple et libre. Un seul nucelle.		*Anthobolacées.*
	unisexuée. Périanthe	simple. Prothalles femelles	sortants..	*Ginallacées.*
			inclus....	*Arceuthobiacées.*
		nul dans la fleur femelle.....		*Hélosacées.*

Si l'on compare la composition de l'ordre ainsi établi à celle de l'ordre des Loranthinées, on remarque que les Hélosacées y correspondent aux Balanophoracées, les Arceuthobiacées et les Ginallacées ensemble aux Viscacées, les Nuytsiacées aux Loranthacées, tandis que les Anthobolacées n'ont pas leurs correspondantes chez les Loranthinées. Par contre, on n'observe, chez les Anthobolinées, ni représentants à périanthe double et à carpelles fermés, comme les Gaïadendracées et les Treubaniacées, ni représentants à corolle gamopétale, comme les Dendrophthoacées et les Elytranthacées. Ce second ordre des Inovulées part donc d'aussi bas, mais s'élève notablement moins haut que le premier.

Si l'on voulait, comme dans l'ordre des Loranthinées, y grouper les familles en alliances d'après les divers degrés de complication de la fleur, il faudrait y distinguer quatre alliances, savoir : les *Hélosales*, ne comprenant que les Hélosacées ; les *Ginallales*, renfermant les Ginallacées et les Arceuthobiacées ; les *Anthobolales*, ne comprenant que les Anthobolacées ; les *Nuytsiales*, réduites également aux Nuytsiacées.

Le tableau qui précède prendrait alors la forme suivante :

ANTHOBOLINÉES. Fleur	bisexuée,	dipérianthée. Plusieurs nucelles concrescents.	NUYTSIALES....	*Nuytsiacées.*
		monopérianthée. Un nucelle.....	ANTHOBOLALES .	*Anthobolacées.*
	unisexuée. Fleur femelle	monopérianthée...	GINALLALES...	*Ginallacées.* *Arceuthobiacées.*
		apérianthée.....	HÉLOSALES.....	*Hélosacées.*

Cette nouvelle disposition n'offre d'ailleurs d'utilité réelle qu'en vue de la comparaison de cet ordre avec celui des Loranthinées.

Résumé de la sous-classe des Inovulées. — En superposant ce tableau au précédent (p. 317), on obtiendra la division de la sous-classe tout entière des Inovulées en deux ordres, huit alliances et douze familles.

Malgré son peu d'étendue, cette sous-classe offre pourtant dans la fleur presque tous les degrés d'organisation qu'on y observera tout à l'heure dans la sous-classe beaucoup plus vaste des Ovulées. Réduite à son état le plus simple lorsqu'elle est unisexuée et apérianthée, comme dans les Balanophoracées et les Hélosacées, elle atteint son état le plus compliqué lorsqu'elle est bisexuée, dipérianthée, à corolle gamopétale et à pistil concrescent avec tous les verticilles externes, ce qui rend l'ovaire infère, comme chez les Dendrophthoacées et les Élytranthacées. Entre ces deux extrêmes, elle passe progressivement par presque tous les intermédiaires : unisexuée monopérianthée (Viscacées, Arceuthobiacées, Ginallacées); bisexuée monopérianthée, à pistil libre (Anthobolacées); bisexuée dipérianthée, à corolle dialypétale et pistil concrescent (Loranthacées, Treubaniacées, Gaïadendracées, Nuytsiacées). Il est vrai que certains états moyens ne sont pas représentés, par exemple l'état dipérianthé à corolle dialypétale et pistil libre, non plus que l'état dipérianthé à corolle gamopétale et à pistil libre. Mais il suffit que plusieurs états supérieurs, et notamment le plus élevé de tous, le soient, et abondamment, pour qu'on voie nettement que l'absence d'ovules, loin d'être liée à la dégradation générale de la fleur, est conciliable avec les organisations florales les plus diverses.

DEUXIÈME SOUS-CLASSE

Ovulées.

Dans la sous-classe des Ovulées, le macrodiodange est toujours produit isolément par un segment ou une foliole différenciée du carpelle; en un mot, il y a toujours un ovule. Le carpelle, et le pistil tout entier, est donc toujours ovulé, comme il l'est chez toutes les Astigmatées et chez toutes les Métadiodées, parmi les Stigmatées. Ainsi individualisé, l'ovule offre, suivant les plantes, les cinq états que l'on a distingués plus haut (p. 291), depuis le plus simple où il est

innucellé, jusqu'au plus compliqué, où il est transpariété bitegminé. Le carpelle, et le pistil tout entier, y est donc progressivement innucellé, perpariété unitegminé, perpariété bitegminé, transpariété unitegminé et transpariété bitegminé.

Division de la sous-classe des Ovulées en cinq ordres. — C'est ce qui permet de diviser aussitôt cette sous-classe en cinq groupes secondaires, qui seront des ordres, et qu'on nommera tout d'abord, d'après la manière d'être du pistil, respectivement les *Innucellées*, les *Perpariétées unitegminées*, les *Perpariétées bitegminées*, les *Transpariétées unitegminées* et les *Transpariétées bitegminées*.

Suivant la marche ascendante du perfectionnement, ils s'échelonnent comme l'indique le tableau suivant :

Ovulées.	Nucellées.	*Transpariétées*	*Bitegminées.*
			Unitegminées.
		Perpariétées	*Bitegminées.*
			Unitegminées.
	Innucellées		*Innucellées.*

C'est aussi en suivant cette marche qu'il faut maintenant les considérer séparément, en commençant par les Innucellées, pour voir comment les modifications secondaires du pistil, de l'androcée et du périanthe permettent d'y caractériser soit directement les familles, soit, lorsqu'ils sont très vastes, d'abord les alliances et ensuite les familles.

Division en treize familles de l'ordre des Ovulées innucellées ou Santalinées. — Les Ovulées innucellées peuvent être groupées autour du genre Santal (*Santalum*), et l'ordre qu'elles constituent peut, en conséquence, prendre aussi le nom de *Santalinées*.

La fleur y possède toujours plusieurs carpelles, ouverts au moins dans leur région supérieure, concrescents bord à bord autour d'une loge unique; chacun d'eux produit, à la base de la loge, une proéminence en forme de ligule, concrescente avec ses congénères en une colonne axile, et cette colonne porte à son sommet ordinairement autant d'ovules

pendants qu'il y a de carpelles, tournant leur face dorsale en haut et en dehors, leur face ventrale en bas et en dedans, épinastes, par conséquent.

Pendant la transformation du pistil en fruit, un seul ovule se développe, tous les autres avortent. Dans cet unique ovule fertile, au cours du développement de l'œuf en embryon, toute la substance du segment carpellaire est digérée et disparaît, de sorte qu'au moment du passage à l'état de vie latente l'embryon, accompagné ordinairement d'un albumen permanent, se trouve plongé directement dans le péricarpe, qui est indéhiscent. En un mot, bien qu'il y ait ici un ovule, il n'y a pas pour cela de graine et ces plantes sont, tout aussi bien que les Inovulées, des Inséminées.

La conformation de la fleur subit, dans cet ordre, un assez grand nombre de modifications, qui permettent d'y distinguer autant de familles.

Beaucoup de Santalinées ont un périanthe simple, un calice seulement. Il manque même parfois à la fleur femelle; si celle-ci possède alors trois carpelles, concrescents dans toute leur longueur, c'est la famille des *Sarcophytacées*; si elle n'a que deux carpelles, libres dans leur région supérieure, c'est la famille des *Lophophytacées*.

Quand le périanthe existe dans la fleur femelle, il est tantôt indépendant des carpelles, tantôt concrescent avec eux dans sa région inférieure. Dans le premier cas, si chaque carpelle porte, comme d'ordinaire, un ovule, c'est la famille des *Myzodendracées*; si tous les ovules y avortent moins un, c'est la famille des *Opiliacées*. Dans le second cas, si le périanthe est trimère, c'est la famille des *Hachettéacées*; s'il est pentamère, avec carpelles ouverts dans toute leur longueur, c'est la famille des *Santalacées*, type de l'ordre; avec carpelles fermés dans leur région inférieure, le macrodiodange est situé au sommet de l'ovule chez les *Arionacées*, sur son flanc interne chez les *Schœpfiacées*.

D'autres Santalinées ont un périanthe double, avec corolle

tantôt dialypétale, tantôt gamopétale. Dans le premier cas, si les étamines sont libres, à quatre microdiodanges, et si le macrodiodange est latéral, c'est la famille des *Olacacées* ; si elles sont concrescentes en tube, à deux microdiodanges, et si le macrodiodange est terminal, c'est la famille des *Aptandracées*. Dans le second cas, si les étamines sont concrescentes, à deux microdiodanges, et si les carpelles sont, comme à l'ordinaire, uniovulés, c'est la famille des *Harmandiacées* ; si les étamines sont libres, à quatre microdiodanges, et si les carpelles sont biovulés, avec ovules insérés sur une proéminence qui dépasse les cloisons, c'est la famille des *Avicenniacées*, avec ovules insérés au sommet des cloisons, c'est la famille des *Symphorémacées*.

L'ordre des Santalinées se trouve de la sorte composé de treize familles, définies et rangées, suivant la marche ascendante de la complication de la fleur, dans le tableau suivant :

Santalinées. Fleur bisexuée. Périanthe double. Corolle	gamopétale. Ovules	par paires	sur la cloison			*Symphorémacées.*
			sur une proéminence libre			*Avicenniacées.*
		solitaires				*Harmandiacées.*
	dialypétale.	Macrodiodange	terminal			*Aptandracées.*
			latéral			*Olacacées.*
Santalinées. Fleur bisexuée. Périanthe simple,	concrescent. Carpelles	Macrodiodange	fermés en bas,	latéral		*Schœpfiacées.*
			ouverts tout du long	terminal		*Arionacées.*
						Santalacées.
	libre					*Opiliacées.*
Santalinées. Fleur unisexuée. Périanthe simple,	libre					*Myzodendracées.*
	concrescent					*Hachettéacées.*
Santalinées. Fleur unisexuée. Périanthe nul dans la fleur femelle			Trois carpelles			*Sarcophytacées.*
			Deux carpelles			*Lophophytacées.*

On voit que, dans cet ordre, comme dans celui des Loranthinées parmi les Inovulées, la fleur subit la plupart des modifications dont elle est susceptible, depuis l'état le plus simple, où elle est unisexuée apérianthée, jusqu'au plus compliqué, où elle est bisexuée dipérianthée, à corolle gamopétale. C'est la preuve que l'absence d'un nucelle sur l'ovule peut se concilier avec les organisations florales les plus diverses.

Si, comme dans les deux ordres des Inovulées, on voulait

grouper ici ces familles en alliances d'après les divers degrés de complication de la fleur, il faudrait y distinguer au moins six alliances, savoir : les *Sarcophytales*, comprenant les Sarcophytacées, les Lophophytacés et les Hachetteacées ; les *Myzodendrales*, réduite aux Myzodendracées ; les *Opiliales*, réduite aux Opiliacées ; les *Santalales*, renfermant les Santalacées, Arionacées et Schœpfiacées ; les *Olacales*, comprenant les Olacacées et les Aptandracées ; les *Avicenniales* enfin, renfermant les Harmandiacées, Avicenniacées et Symphorémacées.

Le tableau précédent prendrait alors la forme suivante :

SANTALINÉES. Fleur	bisexuée. Périanthe	double. Corolle	gamopétale.....	AVICENNIALES.....	*Symphorémacées.* *Avicenniacées.* *Harmandiacées.*
			dialypétale.....	OLACALES.....	*Aptandracées.* *Olacacées.*
		simple,	concrescent.....	SANTALALES.....	*Schœpfiacées.* *Arionacées.* *Santalacées.*
			libre.....	OPILIALES.....	*Opiliacées.*
	unisexuée. Périanthe simple,		libre.....	MYZODENDRALES...	*Myzodendracées.*
			concrescent.	SARCOPHYTALES ...	*Hachetteacées.* *Sarcophytacées.* *Lophophytacées.*

Les Sarcophytales correspondent aux Hélosales et aux Balanophorales des deux ordres précédents ; les Myzodendrales, aux Ginallales et aux Viscales ; les Opiliales, aux Anthobolales ; les *Olacales,* aux Nuytsiales et aux Loranthales ; les *Avicenniales*, enfin, à peu près aux Elytranthales.

Division en neuf familles de l'ordre des Perpariétées unitegminées ou Corylinées. — Les Perpariétées unitegminées peuvent être groupées autour du genre Coudrier (*Corylus*), et l'ordre qu'elles constituent peut, en conséquence, recevoir aussi le nom de *Corylinées.*

La fleur y offre toujours une conformation très simple, étant partout unisexuée avec un périanthe simple, parfois nul. Pendant le développement de l'œuf en embryon, le tégument de l'ovule persiste toujours, au moins en partie, de

sorte que le fruit renferme toujours des graines. Contrairement à ce qui a lieu dans les trois ordres précédents, il est donc toujours séminé.

Mais tantôt les carpelles sont indépendants du périanthe et tantôt concrescents avec lui ; ils sont ouverts ou fermés, solitaires ou groupés, multiovulés ou uniovulés.

Si le périanthe est nul dans les deux sortes de fleurs, avec deux carpelles ouverts et un seul ovule droit et dressé, c'est la famille des *Myricacées*; avec deux carpelles fermés et biovulés, à ovules réfléchis, dressés et épinastes, c'est la famille des *Balanopsacées*. S'il ne manque que dans la fleur femelle, avec deux carpelles fermés, uniovulés à ovule réfléchi, pendant et hyponaste, c'est la famille des *Bétulacées*.

Si le périanthe est indépendant, avec un seul carpelle uniovulé, c'est la famille des *Cératophyllacées* ; avec quatre carpelles biovulés, c'est la famille des *Pénéacées*. Si le périanthe est concrescent, avec plusieurs carpelles ouverts portant de nombreux ovules, c'est la famille des *Hydnoracées*; avec deux carpelles ouverts et un seul ovule dressé, c'est la famille des *Juglandacées*; avec un seul carpelle fermé et un seul ovule pendant, c'est la famille des *Cynomoriacées* : avec deux carpelles fermés et deux ovules pendants, c'est la famille des *Corylacées*, type de l'ordre.

L'ordre des Corylinées se trouve de la sorte composé de neuf familles, définies et rangées, suivant la marche ascendante de la complication florale, dans le tableau suivant :

CORYLINÉES. Périanthe	simple,	concrescent. Carpelles	fermés.	Deux biovulés...	*Corylacées.*
				Un seul uniovulé.	*Cynomoriacées.*
			ouverts.	Avec de nombreux ovules.....	*Hydnoracées.*
				Avec un seul ovule.	*Juglandacées.*
		libre.	Quatre carpelles concrescents.....		*Pénéacées.*
			Un seul carpelle.....		*Cératophyllacées.*
	nul	seulement dans la fleur femelle.....			*Bétulacées.*
		dans les deux sortes de fleurs.	Carpelles	fermés	*Balanopsacées.*
				ouverts.....	*Myricacées.*

Si l'on considère que le pistil y est tantôt libre, tantôt concrescent avec le périanthe, ce qui rend l'ovaire infère,

on peut, d'après ce caractère, grouper ces huit familles en deux alliances : celles où le pistil est libre formeront l'alliance des *Myricales* ; celles où il est concrescent, l'alliance des Corylales.

Le tableau précédent prend alors la forme qui suit :

CORYLINÉES. Pistil.....	concrescent. CORYLALES..	*Corylacées.* *Cynomoriacées.* *Hydnoracées.* *Juglandacées.*
	libre. MYRICALES.....	*Pénéacées.* *Cératophyllacées.* *Bétulacées.* *Balanopsacées.* *Myricacées.*

Cet ordre est, on le voit, assez restreint. La structure ovulaire qui le caractérise et qui est réalisée, comme on sait, dans la presque totalité des Astigmatées, est très rare, au contraire, chez les Stigmatées ; à peine représentée chez les Métadiodées, elle ne l'est que par quelques familles chez les Homoudiodées.

Il n'offre aussi que les états les plus simples de l'organisation florale, et se trouve, par conséquent, ne correspondre dans son entier qu'aux familles les plus inférieures des trois ordres précédents : aux Viscacées, par exemple, chez les Loranthinées ; aux Ginallacées, chez les Anthobolinées ; aux Myzodendracées, chez les Santalinées.

Division en quatorze alliances de l'ordre des Perpariétées bitegminées ou Renonculinées. — Les Perpariétées bitegminées peuvent être groupées autour du genre Renoncule (*Ranunculus*), où l'organisation florale offre son état moyen, et l'ordre qu'elles constituent peut recevoir aussi le nom de *Renonculinées*.

Il est immense, beaucoup plus vaste encore que celui des Liliinées, chez les Métadiodées. Aussi est-il encore plus nécessaire qu'il ne l'était pour les Liliinées, de le subdiviser d'abord en alliances, avant d'arriver aux familles, et le nombre de ces alliances est-il beaucoup plus grand. Néanmoins, pendant le développement de l'œuf en embryon et

du trophime en albumen, ne fût-ce que la cuticule du tégument externe, il subsiste toujours quelque chose du double tégument de l'ovule, qui devient une graine. Comme dans l'ordre précédent, le fruit de ces plantes est donc toujours séminé, du moins dans l'état actuel de nos connaissances à son sujet.

Si le périanthe est nul, c'est l'alliance des *Pipérales*. S'il est simple : indépendant du pistil, c'est l'alliance des *Chénopodiales* ; concrescent avec lui, c'est l'alliance des *Castanéales*. S'il est double, la corolle peut être dialypétale ou gamopétale, et, dans les deux cas, le pistil peut être indépendant de l'androcée et du périanthe ou concrescent avec eux.

Avec corolle dialypétale et pistil libre, les étamines peuvent être en nombre indéterminé et simples, c'est l'alliance des *Renonculales*; ou en nombre déterminé et ramifiées : avec carpelles fermés, c'est l'alliance des *Malvales*; avec carpelles ouverts, c'est l'alliance des *Papavérales*; ou en nombre déterminé et simples : double de celui des sépales, c'est l'alliance des *Géraniales*; égal à celui des sépales, c'est l'alliance des *Rhamnales*.

Avec corolle dialypétale et pistil concrescent au périanthe, les étamines peuvent être aussi en nombre indéterminé et simples, c'est l'alliance des *Cactales*; ou en nombre déterminé et ramifiées, c'est l'alliance des *Myrtales*; ou en nombre déterminé et simples : double de celui des pétales, c'est l'alliance des *Saxifragales*; égal à celui des pétales, c'est l'alliance des *Ribésales*.

Avec corolle gamopétale, ce qui est très rare dans cet ordre, si le pistil est indépendant de l'androcée et du périanthe, c'est l'alliance des *Plombagales*; s'il est concrescent avec eux, c'est l'alliance des *Cucurbitales*.

L'ordre des Perpariétées bitegminées, ou Renonculinées, se trouve de la sorte partagé en quatorze alliances, définies et échelonnées, suivant la marche ascendante de la complication florale, dans le tableau suivant.

Renonculinées. Périanthe double. Corolle	gamopétale. Pistil		concrescent			*Cucurbitales.*
			libre			*Plombagales.*
	dialypétale. Pistil	concrescent. Étamines en nombre	déterminé,	simples,	égal	*Ribésales.*
					double	*Saxifragales.*
				ramifiées		*Myrtales.*
			indéterminé			*Cactales.*
		libre. Étamines en nombre	déterminé,	simples,	égal	*Rhamnales.*
					double	*Géraniales.*
				ramifiées. Carpelles	fermés	*Malvales.*
					ouverts	*Papavérales.*
			indéterminé			*Renonculales.*
simple. Pistil	concrescent					*Castanéales.*
	libre					*Chénopodiales.*
nul						*Pipérales.*

Reprenons maintenant, en suivant cette marche, chacune de ces alliances, pour voir comment elle se décompose en familles.

Division de l'alliance des Pipérales en onze familles. — L'alliance des Pipérales renferme toutes les Renonculinées où le périanthe est nul, où la fleur est nue.

Elle y est tantôt unisexuée, tantôt bisexuée. Dans le premier cas, avec un seul carpelle uniovulé, si l'ovule est droit, c'est la famille des *Leitnériacées*; s'il est à demi réfléchi, c'est la famille des *Casuarinacées*; avec deux carpelles concrescents et ouverts, c'est la famille des *Salicacées*; avec deux carpelles concrescents et fermés, s'ils sont biovulés, c'est la famille des *Batidacées*, s'ils sont multiovulés, c'est la famille des *Liquidambaracées*; avec trois ou quatre carpelles concrescents et fermés, c'est la famille des *Myrothamnacées*.

Lorsque la fleur est bisexuée, les étamines sont tantôt indépendantes des carpelles, tantôt concrescentes avec eux et paraissant, en conséquence, insérées sur eux. Dans le premier cas, si les carpelles sont uniovulés, c'est la famille des *Pipéracées*, type de l'alliance; s'ils sont multiovulés, avec ovules droits, c'est la famille des *Saururacées*; avec ovules réfléchis, c'est la famille des *Lacistémacées*. Dans le second, s'il n'y a qu'un carpelle, uniovulé, c'est la famille des *Chloranthacées*; s'il y en a plusieurs, multiovulés, c'est la famille des *Trochodendracées*.

Ainsi composée de onze familles, l'alliance des Pipérales a sa constitution résumée dans le tableau suivant :

Pipérales. Fleur	bisexuée. Carpelles	concrescents aux étamines,	plusieurs, multiovulés.	*Trochodendracées.*
			un seul, uniovulé.....	*Chloranthacées.*
		indépendants des étamines,	avec un seul ovule droit.	*Pipéracées.*
			pluriovulés. droits....	*Saururacées.*
			Ovules réfléchis..	*Lacistémacées.*
		Quatre carpelles fermés, multiovulés..		*Myrothamnacées.*
	unisexuée.	Deux carpelles	fermés, multiovulés.	*Liquidambaracées.*
			fermés, biovulés	*Batidacées.*
			ouverts, multiovulés..	*Salicacées.*
		Un carpelle uniovulé, ovule.....	semi-réfléchi..	*Casuarinacées.*
			droit.....	*Leitnériacées.*

Division de l'alliance des Chénopodiales en dix-neuf familles. — L'alliance des Chénopodiales comprend toutes les Renonculinées où la fleur est munie d'un périanthe simple et libre.

Elle y est parfois unisexuée. Avec un seul carpelle, fertile et uniovulé, si l'ovule est droit et dressé, c'est la famille des *Urticacées*; s'il est courbe et pendant, c'est la famille des *Moracées* ; s'il est réfléchi et dressé, c'est la famille des *Myristicacées*. Avec trois carpelles uniovulés, c'est la famille des *Simmondsiacées*; avec quatre carpelles multiovulés, c'est la famille des *Népenthacées*.

Le plus souvent, elle est bisexuée. Les ovules sont alors tantôt courbes, tantôt réfléchis. Dans le premier cas, les carpelles sont quelquefois ouverts, c'est la famille des *Chénopodiacées*, type de l'alliance; le plus souvent ils sont fermés. S'ils sont multiovulés, c'est la famille des *Aizoacées*; s'ils sont uniovulés, avec un seul carpelle, c'est la famille des *Nyctagacées*; avec plusieurs carpelles, c'est la famille des *Phytolaccacées*.

Lorsque les ovules sont réfléchis, il n'y a parfois qu'un seul carpelle. S'il est pluriovulé, c'est la famille des *Protéacées*. S'il est uniovulé, avec ovule épinaste, c'est la famille des *Eléagnacées*; avec ovule hyponaste, c'est la famille des *Thyméléacées*. S'il y a deux carpelles fermés, uniovulés, dont un seul est fertile, c'est la famille des *Ulmacées* ; s'il y en a deux ouverts, également fertiles, multiovulés, c'est la famille

des *Podostémacées*. S'il y en a trois, pluriovulés, c'est la famille des *Lactoridacées*. S'il y en a quatre, concrescents, ils sont pluriovulés dans la famille des *Tétracentracées*, biovulés dans celle des *Geissolomacées*, uniovulés dans celle des *Tétragoniacées*. S'il y en a cinq, libres et multiovulés, c'est la famille des *Penthoracées*.

L'alliance des Chénopodiales comprend de la sorte dix-neuf familles, dont la définition est résumée dans le tableau suivant :

Chénopodiales. Fleur	bisexuée. Ovules	réfléchis. Carpelles	plusieurs	libres et multiovulés			*Penthoracées.*
				concrescents	quatre,	pluriovulés	*Tétracentracées.*
						biovulés	*Geissolomacées.*
						uniovulés	*Tétragoniacées.*
					trois, pluriovulés		*Lactoridacées.*
					deux,	pluriovulés	*Podostémacées.*
						uniovulés	*Ulmacées.*
			un seul,	pluriovulé			*Protéacées.*
				uniovulé, à ovule	épinaste		*Eléagnacées.*
					hyponaste		*Thyméléacées.*
		courbes. Carpelles	fermés.	Plusieurs	pluriovulés		*Aizoacées.*
					uniovulés		*Phytolaccacées.*
				Un seul			*Nyctagacées.*
			ouverts				*Chénopodiacées.*
	unisexuée.	Quatre carpelles multiovulés					*Népenthacées.*
		Trois carpelles uniovulés					*Simmondsiacées.*
		Un seul carpelle fertile. Ovule			réfléchi		*Myristicacées.*
					courbe		*Moracées.*
					droit		*Urticacées.*

Division de l'alliance des Castanéales en sept familles. — Formée par les Renonculinées dont le périanthe simple est concrescent avec le pistil dans sa région inférieure, ce qui rend l'ovaire infère, l'alliance des Castanéales est peu nombreuse et ne comprend que sept familles.

La fleur y est parfois bisexuée. Avec périanthe et androcée verticillés et déterminés, et carpelles multiovulés, c'est la famille des *Aristolochiacées*; avec périanthe et androcée spiralés et indéterminés, et carpelles uniovulés, c'est la famille des *Gomortégacées*. Partout ailleurs, elle est unisexuée. Avec carpelles fermés, s'ils sont multiovulés, c'est la famille des *Bégoniacées*; s'ils sont biovulés, c'est la famille des *Castanéacées*, type de l'alliance. Avec carpelles ouverts, si les étamines sont libres, c'est la famille des

Datiscacées ; si elles sont concrescentes en une colonne axile, avec ovules réfléchis, c'est la famille des *Apodanthacées*, avec ovules droits, c'est la famille des *Rafflésiacées*.

Cette composition est résumée dans le tableau suivant :

Castanéales. Fleur	bisexuée. Carpelles	multiovulés				*Aristolochiacées.*
		uniovulés				*Gomortégacées.*
	unisexuée. Carpelles	fermés,	multiovulés			*Bégoniacées.*
			biovulés			*Castanéacées.*
		ouverts. Étamines	concrescentes. Ovules	réfléchis		*Apodanthacées.*
				droits		*Rafflésiacées.*
			libres			*Datiscacées.*

Division de l'alliance des Renonculales en quatorze familles. — L'alliance des Renonculales comprend toutes les Renonculinées où le périanthe est double avec corolle dialypétale, où les étamines sont simples et en nombre indéterminé, et où les carpelles, presque toujours fermés et libres, sont indépendants de l'androcée et du périanthe.

La fleur y est parfois unisexuée. Avec un grand nombre de carpelles uniovulés, c'est la famille des *Monimiacées*; avec trois carpelles seulement, s'ils sont uniovulés, c'est la famille des *Ménispermacées* ; s'ils sont multiovulés, c'est la famille des *Lardizabalacées*.

Le plus souvent la fleur est bisexuée. Si la corolle est simple, elle est pentamère dans la famille des *Renonculacées*, type de l'alliance, où l'ovule est dépourvu d'arille, et dans celle des *Crossosomacées*, où l'ovule possède un arille ; elle est trimère dans celle des *Lauracées*. Si elle est trimère et double, avec albumen ruminé, c'est la famille des *Anonacées* ; avec albumen entier, c'est la famille des *Magnoliacées*. Si le calice et la corolle sont en même temps trimères et doubles, c'est la famille des *Berbéridacées*. Si la corolle est formée d'un nombre indéterminé de feuilles, avec calice gamosépale et carpelles pluriovulés, c'est la famille des *Dilleniacées* ; avec calice dialysépale et carpelles uniovulés, c'est la famille des *Nélombacées*. Si le calice et la corolle sont ainsi conformés et en même temps confondus en un périanthe unique, avec carpelles fermés, libres et biovulés, c'est la

famille des *Calycanthacées*; avec carpelles fermés, concrescents et uniovulés, c'est la famille des *Illiciacées*; avec carpelles ouverts et concrescents, c'est la famille des *Erythrospermacées*.

La définition de ces quatorze familles est résumée dans le tableau suivant :

Renonculales. Fleur	bisexuée. Périanthe	indéterminé	dans ses deux parties. Carpelles	ouverts	*Erythrospermacées.*
				fermés, biovulés	*Calycanthacées.*
				fermés, uniovulés	*Illiciacées.*
			dans la corolle seulement. Carpelles	pluriovulés	*Drimytacées.*
				uniovulés	*Nélombacées.*
		quadruple et trimère			*Berbéridacées.*
		triple et trimère. Albumen		entier	*Magnoliacées.*
				ruminé	*Anonacées.*
		double, Graine	trimère		*Lauracées.*
			pentamère	avec arille	*Crossosomacées*
				sans arille	*Renonculacées.*
	unisexuée.	Trois carpelles		multiovulés	*Lardizabalacées.*
				uniovulés	*Ménispermacées.*
		Nombreux carpelles uniovulés			*Monimiacées.*

Division de l'alliance des Papavérales en douze familles. — L'alliance des Papavérales renferme les Renonculinées à périanthe double avec corolle dialypétale, qui ont un nombre déterminé d'étamines ramifiées et dont les carpelles sont ouverts.

Les ovules y sont droits dans la famille des *Cistacées*, partout ailleurs réfléchis. Si le périanthe est dimère avec corolle double, lorsque les étamines partielles sont nombreuses, c'est la famille des *Papavéracées*, type de l'alliance, lorsqu'il n'y a que deux étamines trifurquées, c'est la famille des *Fumariacées*. Si le périanthe est tétramère avec corolle simple, c'est la famille des *Capparidacées*. Le plus souvent, il est pentamère; s'il a ses deux verticilles libres, avec cinq carpelles, c'est la famille des *Droséracées*; avec trois carpelles, si la déhiscence de l'anthère est, comme d'ordinaire, longitudinale, c'est la famille des *Tamaricacées*; si elle est poricide, c'est la famille des *Luxembourgiacées*. Si le périanthe a ses deux verticilles concrescents entre eux à la base, avec un arille à la graine, si le calice est persistant, c'est la famille des *Passifloracées*; s'il est caduc, c'est la

famille des *Turnéracées*; sans arille, c'est la famille des *Malesherbiacées*; si les deux verticilles sont concrescents entre eux et avec les étamines, c'est la famille des *Samydacées*; si la corolle avorte, c'est la famille des *Flacourtiacées*.

Formée de ces douze familles, l'alliance des Papavérales a sa constitution résumée dans le tableau suivant :

Papavérales. Périanthe	pentamère à corolle	concrescente	au calice et aux étamines	*Samydacées.*
		au calice seulement.	Un arille. Calice caduc	*Turnéracées.*
			Calice persistant.	*Passifloracées.*
			Pas d'arille	*Malesherbiacées.*
		libre. Ovules droits		*Cistacées.*
			réfléchis. Carpelles trois. Anthère en long au sommet.	*Tamaricacées.*
				Luxembourgiacées.
			s'ouvrant cinq	*Droséracées.*
	avortée			*Flacourtiacées.*
	tétramère à corolle simple			*Capparidacées.*
	dimère à corolle double. Etamines		nombreuses	*Papavéracées.*
			deux trifurquées	*Fumariacées.*

Division de l'alliance des Malvales en quinze familles. — L'alliance des Malvales comprend les Renonculinées à périanthe double avec corolle dialypétale, qui ont les étamines ramifiées et les carpelles fermés, avec pistil libre.

La fleur n'y est unisexuée que dans la famille des *Euphorbiacées*, qui occupe par là une place à part dans ce groupe Partout ailleurs, elle est bisexuée.

Les étamines sont parfois concrescentes en tube; avec quatre microdiodanges chacune, c'est la famille des *Sterculiacées*; avec deux microdiodanges chacune, c'est la famille des *Malvacées*, type de l'alliance. Le plus souvent, elles sont libres; si la déhiscence des microdiodanges est apicale, avec ovules épinastes, c'est la famille des *Cochlospermacées*, avec ovules hyponastes, c'est la famille des *Éléocarpacées*; si elle est longitudinale, les carpelles sont libres dans la famille des *Dilléniacées*, partout ailleurs concrescents entre eux. Si le périanthe est tétramère avec carpelles nombreux, c'est la famille des *Eucryphiacées*; s'il est trimère ou hexamère, c'est la famille des *Rhaptopétalacées*. S'il est pentamère avec cinq carpelles : avec ovules épinastes, c'est la famille des

Tiliacées ; avec ovules hyponastes, c'est la famille des *Humiriacées*. S'il y a trois carpelles et si le calice est accrescent, c'est la famille des *Diptérocarpacées* ; s'il ne l'est pas, c'est la famille des *Sarcolénacées*. Avec deux carpelles, s ils sont fermés, comme d'ordinaire, c'est la famille des *Sphérosépalacées* ; s'ils sont ouverts, par exception, c'est la famille des *Bixacées* ; avec un seul carpelle, enfin, et avortement de la corolle, c'est la famille des *Neumanniacées* (1).

L'alliance des Malvales se trouve de la sorte composée de quinze familles, dont les caractères sont résumés dans le tableau suivant :

MALVALES. Fleur bisexuée. Étamines libres à déhiscence. Carpelles concrescents. Corolle	libres.	Un seul				*Neumanniacées.*
		Cinq				*Dilléniacées.*
		tétramère				*Eucryphiacées.*
		pentamère	Deux carpelles	fermés		*Sphérosépalacées.*
				ouverts		*Bixacées.*
			Trois. Calice	non accrescent		*Sarcolénacées.*
				accrescent		*Diptérocarpacées.*
			Cinq, à ovules	hyponastes		*Humiriacées.*
				épinastes		*Tiliacées.*
		trimère ou hexamère				*Rhaptopétalacées.*
	apicale. Ovules			hyponastes		*Eléocarpacées.*
				épinastes		*Cochlospermacées.*
	concrescentes, à		eux microdiodanges			*Malvacées.*
			quatre microdiodanges			*Sterculiacées.*
sans exuée						*Euphorbiacées.*

Division de l'alliance des Géraniales en trente familles. — L'alliance des Géraniales renferme toutes les Renonculinées à périanthe double avec corolle dialypétale, qui ont les étamines simples et en nombre double des pétales, avec le pistil indépendant.

Les carpelles y sont rarement ouverts. S'ils ne renferment tous ensemble qu'un seul ovule droit, c'est la famille des *Polygonacées*. S'ils sont multiovulés, avec corolle trimère, c'est la famille des *Canellacées* ; avec corolle pentamère, c'est la famille des *Moringacées*.

(1) Si l'on voulait y considérer l'absence de la corolle comme typique et non comme résultant d'un avortement, cette petite famille devrait prendre place dans l'alliance des Chénopodiales. Mais comme elle en serait le seul représentant à étamines ramifiées, il paraît préférable de la ranger dans les Malvales.

Ils sont ordinairement fermés. Ils peuvent alors être libres; avec ovules droits, c'est la famille des *Connaracées*; avec ovules réfléchis, si les étamines sont concrescentes avec le périanthe, dont les deux verticilles sont eux-mêmes concrescents, c'est la famille des *Rosacées* (1); si elles en sont indépendantes, avec un seul carpelle, c'est la famille des *Légumineuses*; avec autant de carpelles que de pétales, s'ils sont libres dans toute leur longueur, avec deux rangs d'ovules, c'est la famille des *Crassulacées*; avec un seul ovule épinaste, c'est la famille des *Coriariacées*; avec un seul ovule hyponaste, c'est la famille des *Simarubacées*; s'ils ne sont libres que dans leur région inférieure ovulifère et soudés dans le reste, c'est la famille des *Rutacées*.

Le plus souvent, les carpelles sont concrescents. Les cloisons qui les séparent sont parfois fugaces; si le calice et la corolle sont isomères, c'est la famille des *Caryophyllées*; s'ils sont hétéromères, c'est la famille des *Portulacacées*. D'ordinaire, elles sont permanentes. Si les étamines sont concrescentes avec le périanthe, mais libres entre elles, avec zygomorphie, c'est la famille des *Vochysiacées*. Si elles sont concrescentes entre elles, mais indépendantes du périanthe, avec actinomorphie, c'est la famille des *Méliacées*.

Partout ailleurs les étamines sont libres. Si les ovules sont droits, c'est la famille des *Malpighiacées*. Si la fleur est trimère dans toutes ses parties, c'est la famille des *Buxacées*; si elle est tétramère dans toutes ses parties, c'est la famille des *Stachyuracées*; si elle est tétramère avec deux carpelles seulement, c'est la famille des *Kœberliniacées*. Si le périanthe est pentamère et zygomorphe, avec deux carpelles, c'est la famille des *Polygalacées*; avec trois carpelles, s'ils sont uniovulés, c'est la famille des *Sapindacées*; s'ils sont biovulés, c'est la famille des *Æsculacées*. S'il est pentamère et actino-

(1) Les Rosacées trifurquent d'ordinaire les étamines du verticille épipétale, ce qui rend leur androcée partiellement méristémone. Elles seraient donc tout aussi bien, et peut-être mieux placées dans l'alliance des Malvales. C'est, en tout cas, une famille de transition.

morphe, avec autant de carpelles, s'ils sont multiovulés, c'est la famille des *Elatinacées*; s'ils sont biovulés, c'est la famille des *Géraniacées*, type de l'alliance. Avec trois carpelles, s'ils sont biovulés, c'est la famille des *Burséracées*; s'ils sont multiovulés, c'est la famille des *Péganacées*; s'ils sont uniovulés, c'est la famille des *Nitrariacées*. Avec deux carpelles, s'ils sont multiovulés à styles libres, c'est la famille des *Cunoniacées*; à styles concrescents, c'est la famille des *Staphyléacées*; s'ils sont biovulés, c'est la famille des *Acéracées*. Avec un seul carpelle fertile uniovulé, enfin, c'est la famille des *Anacardiacées*.

Très vaste, comme on voit, l'alliance des Géraniales se trouve de la sorte composée de trente familles, dont la définition est résumée dans le tableau suivant :

GÉRANIALES. Carpelles	fermés	concrescents. Cloisons	persistantes. Étamines	libres. Ovules	réfléchis. Périanthe	pentamère actinomorphe. Carpelles	Cinq	multiovulés	*Élatinacées.*
								biovulés	*Géraniacées.*
							Trois	multiovulés	*Péganacées.*
								biovulés	*Burséracées.*
								uniovulés	*Nitrariacées.*
							Deux	multiovulés. Styles	concrescents. *Staphyléacées.*
									libres *Cunoniacées.*
								biovulés	*Acéracées.*
							Un seul fertile		*Anacardiacées.*
						zygomorphe. Carpelles	trois,	biovulés	*Æsculacées.*
								uniovulés	*Sapindacées.*
							deux		*Polygalacées.*
						tétramère. Carpelles	deux		*Kœberliniacées.*
							quatre		*Stachyuracées.*
						trimère			*Buxacées.*
					droits				*Malpighiacées.*
					concrescentes	entre elles			*Méliacées.*
						avec le périanthe			*Vochysiacées.*
				fugaces. Périanthe	hétéromère				*Portulacacées.*
					isomère				*Caryophyllées.*
		libres. Ovules	réfléchis. Étamines	indépendantes. Carpelles	soudés en haut				*Rutacées.*
					libres tout du long.	Plusieurs	multiovulés		*Crassulacées.*
							uniovulés. Ovule	épinaste	*Coriariacées.*
								hyponaste.	*Simarubacées.*
						Un seul			*Légumineuses.*
				concrescentes avec le périanthe					*Rosacées.*
			droits						*Connaracées.*
	ouverts	multiovulés. Périanthe					pentamère		*Moringacées.*
							trimère		*Canellacées.*
		avec un seul ovule							*Polygonacées.*

Division de l'alliance des Rhamnales en neuf familles. — L'alliance des Rhamnales comprend les Renonculinées à

périanthe double avec corolle dialypétale, qui ont un seul verticille d'étamines simples et le pistil indépendant.

Les carpelles y sont parfois ouverts. Avec un seul ovule courbe et basilaire, c'est la famille des *Basellacées*; avec beaucoup d'ovules réfléchis et marginaux, c'est la famille des *Violacées*.

Le plus souvent, ils sont fermés. S'il n'y en a qu'un seul, avec cinq staminodes épisépales, c'est la famille des *Corynocarpacées* (1). S'il y en a plusieurs, indépendants l'un de l'autre, uniovulés avec ovule droit, c'est la famille des *Platanacées*. Ailleurs, il y en a plusieurs, concrescents. Si alors la fleur est trimère dans toutes ses parties, c'est la famille des *Cnéoracées*. Si elle est pentamère avec deux carpelles biovulés, dont les ovules sont épinastes, c'est la famille des *Vitacées*. Si elle est pentamère avec trois carpelles uniovulés, lorsque les ovules sont épinastes, c'est la famille des *Stackhousiacées*; lorsqu'ils sont hyponastes, c'est la famille des *Rhamnacées*, type de l'alliance. Si elle est hexamère, heptamère ou octomère dans toutes ses parties, c'est la famille des *Tovariacées*.

L'alliance de Rhamnales se trouve de la sorte constituée par neuf familles, dont le tableau suivant résume les caractères :

Rhamnales. Carpelles	fermés,	plusieurs	concrescents. Fleur	hexa-octomère	*Tovariacées.*
				penta-mère. Trois carpelles à ovules	épinastes	*Stackhousiacées.*
					hyponastes	*Rhamnacées.*
				Deux carpelles	*Vitacées.*
				trimère	*Cnéoracées.*
			libres	*Platanacées.*
		un seul		*Corynocarpacées.*
	ouverts,		multiovulés	*Violacées.*
			uniovulés	*Basellacées.*

Division en familles de l'alliance des Cactales. — L'alliance des Cactales comprend les Renonculinées à périanthe

(1) Le Corynocarpe paraît être, en réalité, diplostémone, avec étamines épisépales avortées et réduites à des staminodes. La place de cette petite famille serait donc tout aussi bien dans l'alliance des Géraniales, si celle-ci n'était pas déjà très encombrée.

double avec corolle dialypétale, qui ont un nombre indéterminé d'étamines simples, et le pistil concrescent avec l'androcée et le périanthe, en un mot, l'ovaire infère. Elle correspond ainsi à celle des Renonculales.

Elle ne comprend qu'une seule famille, celle des *Cactacées*, où les feuilles du périanthe sont aussi en nombre indéterminé et où les carpelles sont ouverts, famille qui se trouve ainsi très isolée.

Division de l'alliance des Myrtales en trois familles. — L'alliance des Myrtales renferme les Renonculinées à périanthe double avec corolle dialypétale, qui ont les étamines en nombre déterminé et ramifiées, et où le pistil est concrescent avec les verticilles externes, ce qui rend l'ovaire infère. Elle correspond à celles des Malvales et des Papavérales réunies.

Les carpelles y sont toujours fermés, concrescents, et multiovulés. S'il n'y en a, comme c'est la règle, qu'un seul verticille, avec corolle développée, c'est la famille des *Myrtacées*; avec corolle ordinairement avortée, c'est la famille des *Sonneratiacées*. Si, par une exception remarquable, il y en a deux verticilles superposés, c'est la famille des *Punicacées*.

L'alliance des Myrtales se réduit à ces trois familles, ainsi définies :

MYRTALES. Carpelles	en un verticille.	développée.....	*Myrtacées.*
	Corolle	avortée.....	*Sonneratiacées.*
	en deux verticilles superposés.....		*Punicacées.*

Division de l'alliance des Saxifragales en neuf familles. — Avec un périanthe double à corolle dialypétale et un pistil concrescent aux verticilles externes, ce qui rend l'ovaire infère, l'alliance des Saxifragales a ses étamines simples et en nombre double des pétales. Elle correspond donc à celle des Géraniales.

Les carpelles y sont parfois ouverts; s'il y en a deux, multiovulés, c'est la famille des *Saxifragacées*, type de l'alliance; s'il y en a trois, ils sont multiovulés dans la

famille des *Combrétacées* ; ils ne renferment ensemble qu'un seul ovule dans la famille des *Ancistrocladacées*.

D'ordinaire, ils sont fermés. Ils peuvent alors être indépendants l'un de l'autre dans leur région supérieure libre ; s'ils sont multiovulés, c'est la famille des *Hamamélacées* ; s'ils sont uniovulés, c'est la famille des *Codiacées*. Le plus souvent, ils sont concrescents aussi dans cette région supérieure. Ils peuvent être alors, par exception, indépendants des parties externes, elles-mêmes concrescentes entre elles, c'est la famille des *Lythracées*. S'ils sont, suivant la règle, concrescents avec les parties externes, avec beaucoup d'ovules, c'est la famille des *Onagracées* ; avec un seul ovule, c'est la famille des *Haloragacées*. Si les étamines ouvrent leurs microdiodanges par un pore terminal, c'est la famille des *Mélastomacées*.

L'alliance des Saxifragales se trouve, de la sorte, composée de neuf familles, définies par le tableau suivant :

Saxifragales. Carpelles	fermés,	unis en haut,	concrescents aux parties externes,	multiovulés. Anthère s'ouvrant	au sommet. *Mélastomacées.*
					en long.... *Onagracées.*
				uniovulés..... *Haloragacées.*	
			indépendants des parties externes..... *Lythracées.*		
		libres en haut,	multiovulés..... *Hamamélacées.*		
			uniovulés..... *Codiacées.*		
	ouverts	trois,	multiovulés..... *Combrétacées.*		
			avec un seul ovule..... *Ancistrocladacées.*		
		deux,	multiovulés..... *Saxifragacées.*		

Division de l'alliance des Ribésales en quatre familles. — L'alliance des Ribésales comprend les Renonculinées à périanthe double avec corolle dialypétale, dont les étamines sont simples et en nombre égal à celui des pétales, et dont le pistil est concrescent aux verticilles externes, ce qui rend l'ovaire infère. Elle correspond donc à celle des Rhamnales.

Si les carpelles y sont ouverts et multiovulés, c'est la famille des *Ribésacées*, type de l'alliance. S'ils sont fermés, avec un seul carpelle, c'est la famille des *Hernandiacées* ; avec plusieurs carpelles biovulés, c'est la famille des *Oliniacées* ; avec plusieurs carpelles uniovulés, c'est la famille des *Trapacées*.

Formée de ces quatre familles, l'alliance des Ribésales a sa composition résumée dans le tableau suivant :

Ribésales.	Carpelles	fermés,	plusieurs, biovulés.....	*Oliniacées.*
			plusieurs, uniovulés....	*Trapacées.*
			un seul, uniovulé.....	*Hernandiacées.*
		ouverts.....		*Ribésacées.*

Division de l'alliance des Plombagales en quatre familles. — Les Renonculinées à périanthe double, avec corolle gamopétale et pistil indépendant des verticilles externes, qui forment cette alliance, sont très peu nombreuses. Elles ne constituent que quatre familles.

La fleur y est tantôt unisexuée, tantôt bisexuée. Dans le premier cas, les carpelles sont ouverts et multiovulés; si les étamines sont en même nombre que les pétales, c'est la famille des *Achariacées*; si elles sont en nombre double, c'est la famille des *Caricacées*. Dans le second cas, si les carpelles sont ouverts et ne forment tous ensemble qu'un seul ovule, c'est la famille des *Plombagacées*, type de l'alliance; s'ils sont fermés, c'est la famille des *Salvadoracées*.

Cette composition très simple est résumée dans le tableau suivant :

Plombagales.	Fleur	bisexuée. Carpelles	fermés.....	*Salvadoracées.*
			ouverts.....	*Plombagacées.*
		unisexuée. Etamines en nombre	double.....	*Caricacées.*
			simple.....	*Achariacées.*

Division en familles de l'alliance des Cucurbitales. — L'alliance des Cucurbitales comprend les Renonculinées qui ont le périanthe double, à corolle gamopétale, et le pistil concrescent avec les parties externes, ce qui rend l'ovaire infère.

Elles sont très peu nombreuses et ne forment toutes ensemble qu'une seule famille, à fleurs unisexuées, celle des *Cucurbitacées*, famille qui se trouve de la sorte très isolée, au même titre, par exemple, que les Cactacées, qu'on a rencontrées plus haut (p. 338).

Résumé de l'ordre des Perpariétées bitegminées ou Renonculinées. — Il suffit maintenant de superposer, en les échelonnant suivant la marche ascendante de la complication florale, les quatorze tableaux partiels que l'on vient de tracer, pour obtenir le tableau général résumant la classification de l'ordre immense des Perpariétées bitegminées, ou Renonculinées, en quatorze alliances et cent trente-neuf familles.

Ces alliances sont d'étendue très inégale, la plus vaste, celle des Géraniales, comprenant jusqu'à trente familles, tandis que plusieurs autres n'en contiennent que trois ou quatre. Il y a même deux familles, les Cactacées et les Cucurbitacées, qui demeurent solitaires dans leurs alliances respectives et se montrent ainsi beaucoup plus isolées que toutes les autres.

Il n'est pas étonnant qu'un groupe aussi vaste offre, dans l'organisation de la fleur, tous les états, depuis le plus simple, où elle est unisexuée apérianthée, jusqu'au plus compliqué, où elle est bisexuée dipérianthée à corolle gamopétale avec pistil concrescent à l'androcée et au périanthe. Ce qu'il faut remarquer, c'est que ces états y sont très inégalement représentés. Ce sont les états moyens, où la fleur est dipérianthée, à corolle dialypétale, qui le sont le plus fréquemment, puisqu'on les rencontre dans neuf alliances, comprenant quatre-vingt-dix-sept familles. Les états les plus dégradés, où le périanthe est simple ou nul, le sont déjà beaucoup moins, n'étant offerts que par trois alliances avec trente-sept familles. Les états les plus perfectionnés, où le périanthe est double, avec corolle gamopétale, le sont à peine, n'étant réalisés que dans deux alliances avec cinq familles.

C'est donc, en somme, un ordre où l'organisation florale moyenne prédomine fortement, avec conservation notable de l'organisation inférieure, qui prédominait dans les ordres précédents, et tendance encore faible vers l'organisation supérieure, que nous verrons prédominer dans les suivants.

Division en six alliances de l'ordre des Transpariétées unitegminées ou Solaninées. — Les Transpariétées unitegminées

peuvent être groupées autour du genre Morelle (*Solanum*), où l'organisation florale offre son état moyen, et l'ordre qu'elles constituent peut, en conséquence, recevoir aussi le nom de *Solaninées*.

Quoique moins étendu que le précédent, il est cependant aussi très vaste, de sorte qu'il est nécessaire de le subdiviser d'abord en alliances, avant d'arriver aux familles.

Remarquons d'abord que le fruit mûr y offre deux structures différentes. Le plus souvent, en effet, après le développement de l'œuf en embryon et du trophime en albumen, il subsiste quelque chose, tout au moins la couche externe, de l'unique tégument de l'ovule, qui, par conséquent, devient une graine. Mais quelquefois le tégument est résorbé dans toute son épaisseur, de sorte que l'embryon, accompagné ou non d'un albumen permanent, se trouve directement plongé dans le péricarpe. En un mot, si le fruit y est le plus souvent séminé, il y est aussi quelquefois inséminé. Dans le second cas, si le pistil est pluriovulé, un seul ovule se développe; tous les autres avortent, en sorte que le péricarpe, qui est indéhiscent, ne renferme qu'un seul embryon. Pour ne pas altérer l'homogénéité de notre Classification, laissons de côté pour le moment ce caractère différentiel, sur lequel nous reviendrons plus loin, et bornons-nous à définir les groupes secondaires, alliances et familles, comme nous l'avons fait dans les cinq ordres précédents, d'après les différences dans la conformation de la fleur.

Le périanthe y est très rarement nul : c'est alors l'alliance des *Callitrichales*. Il y est aussi très rarement simple, et alors il est concrescent avec le pistil, qui est infère : c'est l'alliance des *Cynocrambales*. Presque toujours, il est double, avec corolle tantôt dialypétale, tantôt gamopétale.

Dans le premier cas, le pistil peut être indépendant des parties externes, c'est l'alliance des *Icacinales*, ou concrescent avec ces parties externes dans la région inférieure, c'est l'alliance des *Ombellales*.

Dans le second, il peut être aussi indépendant de l'an-

drocée et du périanthe, c'est l'alliance des *Solanales*, ou concrescent avec eux, c'est l'alliance des *Rubiales*.

L'ordre des Transpariétées unitegminées se trouve, de la sorte, subdivisé en six alliances, dont la définition est résumée dans le tableau suivant :

Solaninées. Périanthe	double. Corolle	gamopétale. Pistil	concrescent ou infère.	*Rubiales.*
			libre ou supère.....	*Solanales.*
		dialypétale. Pistil	concrescent ou infère.	*Ombellales.*
			libre ou supère.....	*Icacinales.*
	simple, concrescent avec le pistil.....			*Cynocrambales.*
	nul.....			*Callitrichales.*

Reprenons maintenant, en suivant la marche ascendante de la perfection florale, chacune de ces six alliances, pour voir comment elle se décompose en familles.

Division de l'alliance des Callitrichales en deux familles. — L'alliance des Callitrichales, où le périanthe est nul, et qui correspond ainsi à celle des Cypérales, dans l'ordre des Liliinées, et à celle des Pipérales, dans l'ordre des Renonculinées, ne comprend que deux familles.

Chez toutes les deux, la fleur est unisexuée. Dans l'une, il y a monœcie et les carpelles sont fermés, concrescents et biovulés : c'est la famille des *Callitrichacées*. Dans l'autre, il y a diœcie et les carpelles sont ouverts, concrescents et multiovulés : c'est la famille des *Hydrostachyacées*.

Cette division se résume ainsi :

Callitrichales. Fleur unisexuée avec	monœcie. Carpelles fermés et biovulés.....	*Callitrichacées.*
	diœcie. Carpelles ouverts et multiovulés.....	*Hydrostachyacées.*

Division de l'alliance des Cynocrambales en deux familles. — L'alliance des Cynocrambales, où le périanthe est simple et concrescent aux carpelles, qui correspond par conséquent à celle des Castanéales dans l'ordre précédent, ne comprend que deux familles, à fleurs également unisexuées : les *Cynocrambacées*, avec un seul carpelle fermé, portant un seul ovule basilaire, dressé et courbe ; et les *Garryacées*,

avec deux carpelles ouverts et concrescents bord à bord, portant deux ovules pendants et réfléchis.

Cette division se résume ainsi :

CYNOCRAMBALES.	Carpelles	deux, ouverts et biovulés...	*Garryacées.*
		un seul, fermé et uniovulé..	*Cynocrambacées.*

Division de l'alliance des Icacinales en dix familles. — L'alliance des Icacinales comprend les Transpariétées unitegminées dont le périanthe, double, à corolle dialypétale, est indépendant du pistil, qui est libre ou supère.

La fleur n'y est unisexuée que dans la famille des *Empetracées*; partout ailleurs, elle est bisexuée. Les étamines y sont parfois en même nombre que les pétales. Si les carpelles sont ouverts dans leur région supérieure et uniovulés, c'est la famille des *Strombosiacées*; s'ils sont fermés tout du long et biovulés, avec trois carpelles concrescents, c'est la famille des *Emmotacées*; avec un seul, s'il est entouré d'un disque à la base, c'est la famille des *Icacinacées*, type de l'alliance, sinon, c'est la famille des *Pleurisanthacées*. Si les étamines sont en nombre double de celui des pétales, avec tétramérie, c'est la famille des *Ximéniacées* avec pentamérie, c'est la famille des *Limnanthacées*.

Si les étamines sont nombreuses et issues de ramification, avec carpelles fermés en même nombre que les pétales, c'est la famille des *Sarracéniacées*; avec carpelles fermés plus nombreux, c'est la famille des *Actinidiacées*; avec deux carpelles ouverts, c'est la famille des *Lophiracées*.

L'alliance des Icacinales se trouve ainsi composée de dix familles, dont le tableau suivant résume les caractères :

ICACINALES. Fleur bisexuée. Étamines en nombre	très grand. Carpelles	fermés, en nombre	plus grand.....		*Actinidiacées.*
			égal.....		*Sarracéniacées.*
		ouverts.....			*Lophiracées.*
	double, avec	pentamérie.....			*Limnanthacées.*
		tétramérie.....			*Ximéniacées.*
	égal. Carpelles	fermés,	un,	sans disque.....	*Pleurisanthacées.*
				avec disque.....	*Icacinacées.*
			trois.....		*Emmotacées.*
		ouverts en haut.....			*Strombosiacées.*
unisexuée.....					*Empétracées.*

Division de l'alliance des Ombellales en onze familles. — L'alliance des Ombellales comprend les Transpariétées unitegminées où le périanthe, double, à corolle dialypétale, est concrescent à l'androcée et au pistil, ce qui rend ce dernier infère.

Les étamines y sont souvent en même nombre que les pétales. Avec carpelles ouverts, tout au moins dans leur région supérieure, s'ils sont biovulés, c'est la famille des *Bruniacées*; s'ils sont multiovulés et concrescents avec le périanthe, suivant la règle, c'est la famille des *Escalloniacées*; s'ils sont multiovulés et, par exception, indépendants des parties externes, c'est la famille des *Pittosporacées*. Avec carpelles fermés et uniovulés, si l'ovule est épinaste, avec deux carpelles, c'est la famille des *Cornacées*; avec quatre, c'est la famille des *Tétrastylidiacées*. S'il est hyponaste, avec deux carpelles, c'est la famille des *Ombellifères*, type de l'alliance; avec cinq d'ordinaire, c'est la famille des *Araliacées*; avec un seul, c'est la famille des *Mastixiacées*.

Si les étamines sont en nombre double des pétales, avec deux carpelles fermés et uniovulés, c'est la famille des *Grubbiacées*.

Si les étamines sont ramifiées, de manière à en produire un nombre très grand et indéterminé, avec carpelles ouverts, c'est la famille des *Loasacées*; avec carpelles fermés, c'est la famille des *Hydrangéacées*.

Ainsi formée de onze familles, l'alliance des Ombellales a sa composition résumée dans le tableau suivant :

Ombellales. Étamines	ramifiées.	Carpelles		fermés		*Hydrangéacées.*
				ouverts		*Loasacées.*
	double					*Grubbiacées.*
	simples, en nombre égal.	Carpelles	fermés, à ovule	épinaste,	quatre	*Tétrastylidiacées.*
					deux	*Cornacées.*
				hyponaste,	un	*Mastixiacées.*
					cinq	*Araliacées.*
					deux	*Ombellifères.*
			ouverts,	libres		*Pittosporacées.*
				concrescents,	multiovulés	*Escalloniacées.*
					biovulés	*Bruniacées.*

Division de l'alliance des Solanales en trente-neuf familles.

— Comprenant toutes les Transpariétées unitegminées dont le périanthe, double, avec corolle gamopétale, est indépendant du pistil, qui est libre ou supère, l'alliance des Solanales est de beaucoup la plus vaste de cet ordre.

La fleur y est rarement unisexuée, avec un seul carpelle biovulé dans la fleur femelle. S'il y a tétramérie, c'est la famille des *Phytocrénacées*; s'il y a pentamérie, avec périanthe caduc, c'est la famille des *Iodacées*, avec périanthe persistant autour du fruit, c'est la famille des *Sarcostigmacées*.

D'ordinaire, elle est bisexuée. Les étamines y sont quelquefois en nombre double des pétales. Si elles sont indépendantes de la corolle, celle-ci est, par exception, dialypétale dans la famille des *Cléthracées*; quand elle est, comme de règle, gamopétale, avec carpelles multiovulés, c'est la famille des *Ericacées*; avec carpelles uniovulés, à ovule pendant épinaste, c'est la famille des *Cyrillacées*. Si elles sont concrescentes à la corolle, avec carpelles multiovulés, c'est la famille des *Diapensiacées*; avec carpelles uniovulés, c'est la famille des *Sapotacées*.

Le plus souvent, les étamines y sont en même nombre que les pétales. La fleur est alors tantôt actinomorphe, tantôt zygomorphe.

Dans le premier cas, les carpelles sont parfois ouverts; si l'un d'eux seulement est uniovulé, l'autre stérile, avec ovule réfléchi, c'est la famille des *Globulariacées*; avec ovule droit, c'est la famille des *Phrymacées*. S'ils sont tous deux uniovulés, c'est la famille des *Cardioptérygacées*. S'ils sont multiovulés, avec déhiscence dorsale du péricarpe, c'est la famille des *Hydrophyllacées*; avec déhiscence suturale, c'est la famille des *Gentianacées*.

Le plus souvent, ils sont fermés. Ils peuvent alors être libres; s'il n'y en a qu'un seul, c'est la famille des *Leptaulacées*; s'il y en a deux, avec quatre microdiodanges, comme d'ordinaire, à chaque étamine et microdiodes libres, c'est la famille des *Apocynacées*; avec deux microdiodanges seu-

lement et microdiodes soudées, c'est la famille des *Asclépiadacées*.

Partout ailleurs, ils sont concrescents. Il y en a parfois autant que d'étamines; ils sont recloisonnés en divers sens par de fausses cloisons dans la famille des *Nolanacées*; d'ordinaire, ils demeurent entiers. Avec quatre microdiodanges, comme de règle, à chaque étamine, si les ovules sont épinastes, c'est alors la famille des *Ilicacées*; s'ils sont hyponastes, c'est la famille des *Lennoacées*. Avec deux microdiodanges seulement, c'est la famille des *Epacracées*. S'il n'y a que trois carpelles, c'est la famille des *Polémoniacées*. S'il n'y en a que deux, avec beaucoup d'ovules, s'ils sont hyponastes, c'est la famille des *Solanacées*, type de l'alliance; s'ils sont épinastes, c'est la famille des *Loganiacées*; avec deux ovules chacun, hyponastes et séparés par une fausse cloison, c'est la famille des *Borragacées*; avec deux ovules non séparés, s'ils sont épinastes, c'est la famille des *Convolvulacées*; s'ils sont hyponastes, c'est la famille des *Dichapétalacées*.

Lorsque la fleur est zygomorphe, les carpelles, toujours au nombre de deux, sont parfois ouverts; avec ovules marginaux, si les microdiodanges sont droits, comme d'ordinaire, c'est la famille des *Gesnériacées*; s'ils sont recourbés en S, c'est la famille des *Columelliacées*; avec ovules latéraux, en deux séries sur chaque carpelle, c'est la famille des *Orobanchacées*; avec ovules sur une colonne centrale, c'est la famille des *Utriculariacées*. Le plus souvent ils sont fermés. S'ils ont beaucoup d'ovules, ceux-ci sont séparés en deux séries par une bande médiane stérile dans les *Bignoniacées*, qui n'ont pas d'albumen; ils ne forment qu'une seule masse chez les *Scrofulariacées*, qui ont un albumen. S'ils sont biovulés, les ovules sont séparés par une fausse cloison, avec style gynobasique, chez les *Labiées*, avec style terminal, chez les *Verbénacées*; ils ne sont pas séparés dans les *Acanthacées*. Ils sont uniovulés dans les *Sélagacées*. Dans les *Plantagacées*, la fleur devient tétramère par avortement.

Enfin, les étamines sont quelquefois en nombre moitié moindre que celui des pétales; si ce dernier est tétramère, c'est la famille des *Oléacées*; s'il est pentamère, c'est la famille des *Jasminacées*.

L'alliance très vaste des Solanales se trouve de la sorte composée de trente-neuf familles, dont le tableau suivant résume les caractères :

- SOLANALES. Fleur bisexuée. Étamines en nombre moitié. Périanthe
  - pentamère..... *Jasminacées.*
  - tétramère. ..... *Oléacées.*
- Fleur égal. Carpelles zygomorphe. Carpelles fermés, Ovules biovulés.
  - multi-ovulés,
    - en une seule masse..... *Scrofulariacées.*
    - en deux séries..... *Bignoniacées.*
  - Ovules biovulés.
    - non..... *Acanthacées.*
    - séparés. Style
      - gynobasique..... *Labiées.*
      - terminal..... *Verbénacées.*
  - uniovulés..... *Sélagacées.*
  - Périanthe tétramère par avortement. *Plantagacées.*
  - Ovules ouverts.
    - centraux..... *Utriculariacées.*
    - latéraux..... *Orobanchacées.*
    - marginaux. Mi-crodiodanges
      - droits..... *Gesnériacées.*
      - courbés en S . *Columelliacées.*
- Fleur égal. Carpelles actinomorphe. Carpelles fermés, concrescents, deux,
  - Ovules multiovulés
    - hyponastes..... *Solanacées.*
    - épinastes..... *Loganiacées.*
  - Ovules biovulés.
    - non,
      - épinastes.... *Convolvulacées.*
      - hyponastes.. *Dichapétalacées.*
    - séparés..... *Borragacées.*
  - trois..... *Polémoniacées.*
  - cinq
    - recloisonnés..... *Solanacées.*
    - entiers.
      - deux..... *Epacracées.*
      - quatre. Ovules
        - hyponastes. *Lennoacées.*
        - épinastes.. *Ilicacées.*
  - Microdiodanges
- Fleur égal. Carpelles actinomorphe. Carpelles fermés, libres,
  - deux.
    - deux ..... *Asclépiadacées.*
    - quatre ..... *Apocynacées.*
  - Microdiodanges un seul..... *Leptaulacées.*
- Fleur égal. Carpelles actinomorphe. Carpelles fermés, ouverts,
  - multiovulés. Déhiscence
    - suturale..... *Gentianacées.*
    - dorsale..... *Hydrophyllacées.*
  - uniovulés
    - tous les deux..... *Cardiopterygacées.*
    - un seul, ovule
      - réfléchi... *Globulariacées.*
      - droit..... *Phrymacées.*
- Fleur double,
  - concrescentes à la corolle. Carpelles
    - multiovulés ..... *Diapensiacées.*
    - uniovulés..... *Sapotacées.*
  - libres. Corolle
    - dialypétale..... *Cléthracées.*
    - gamopétale. Carpelles
      - multiovulés... *Ericacées.*
      - uniovulés .... *Cyrillacées.*
- Fleur unisexuée,
  - pentamère. Périanthe
    - persistant.... *Sarcostigmacées.*
    - caduc..... *Iodacées.*
  - tétramère..... *Phyllocrénacées.*

Division de l'alliance des Rubiales en douze familles. — L'alliance des Rubiales comprend les Transpariétées unitegminées où le périanthe, double, avec corolle gamopétale, est

concrescent avec l'androcée et le pistil dans sa région inférieure, ce qui rend ce dernier infère.

La fleur y est toujours bisexuée. Toujours aussi isomères avec la corolle, les étamines en sont parfois indépendantes. Si elles demeurent concrescentes en dedans avec les carpelles dans toute leur longueur, c'est la famille des *Stylidiacées*. Si elles en sont libres, la corolle est tantôt actinomorphe, tantôt zygomorphe. Dans le premier cas, si les carpelles sont ouverts avec un seul ovule, c'est la famille des *Brunoniacées*; s'ils sont fermés et multiovulés, c'est la famille des *Campanulacées*. Dans le second, si les étamines se soudent entre elles bord à bord, c'est la famille des *Lobéliacées*; si elles demeurent séparées, c'est la famille des *Goudéniacées*.

Le plus souvent, les étamines sont concrescentes en dehors avec la corolle. Si les carpelles sont ouverts, avec un seul ovule, c'est la famille des *Composées*. D'ordinaire, ils sont fermés. S'il y a hétéromérie dans les deux verticilles du périanthe, c'est la famille des *Adoxacées*. S'il y a, comme d'ordinaire, isomérie, la corolle est tantôt actinomorphe, tantôt zygomorphe. Dans le premier cas, avec deux carpelles fertiles, c'est la famille des *Rubiacées*, type de l'alliance; avec un seul fertile, c'est la famille des *Calycéracées*. Dans le second, avec plusieurs carpelles fertiles, c'est la famille des *Caprifoliacées*; avec trois, dont un seul est fertile, c'est la famille des *Valérianacées*; avec deux, dont un seul est fertile, c'est la famille des *Dipsacacées*.

Ainsi formée de douze familles, l'alliance des Rubiales a ses caractères résumés dans le tableau suivant :

Brunons. Étamines	concrescentes à la corolle.	Carpelles fermés. Périanthe isomère,	zygomorphe. Carpelles	un sur deux		*Dipsacacées.*
				un sur trois		*Valérianacées.*
				tous fertiles		*Caprifoliacées.*
			actinomorphe. Carpelles	deux fertiles		*Rubiacées.*
				un seul fertile		*Calycéracées.*
			hétéromère			*Adoxacées.*
		ouverts				*Composées.*
	indépendantes de la corolle,	libres. Corolle	zygomorphe. Étamines	soudées		*Lobéliacées.*
				séparées		*Goudéniacées.*
			actinomorphe. Carpelles	fermés		*Campanulacées.*
				ouverts		*Brunoniacées.*
		concrescentes aux carpelles				*Stylidiacées.*

Résumé de l'ordre des Transpariétées unitegminées ou Solaninées. — En superposant les six tableaux partiels qui viennent d'être tracés, on obtient le tableau général résumant la classification de l'ordre très vaste des Transpariétées unitegminées, ou Solaninées, en six alliances et soixante-seize familles. Ces alliances sont d'étendue très inégale. La plus considérable, celle des Solanales, compte jusqu'à trente-neuf familles, tandis que plusieurs n'en ont que deux.

Si l'on observe, comme il a été dit plus haut (p. 343), que le fruit mûr de ces plantes est le plus souvent séminé, mais parfois aussi inséminé, on peut vouloir établir sur ce caractère une subdivision de l'ordre en deux groupes primordiaux, ou sous-ordres. Les Transpariétées unitegminées séminées prendraient alors, d'après une de leurs familles les plus importantes, les Ombellifères, le nom de *Ombellinées*, tandis que les Transpariétées unitegminées inséminées, ayant pour famille principale les Icacinacées, prendraient celui de *Icaciniinées*. Chacun de ces sous-ordres se subdiviserait ensuite en alliances et familles, d'après les différences dans la conformation de la fleur, comme il vient d'être fait pour l'ordre tout entier.

Ainsi défini, le sous-ordre des Icaciniinées offre un certain nombre de caractères généraux. La fleur y est toujours dipérianthée, pourvue de calice et de corolle. Quel que soit le nombre des ovules que renferme le pistil, un seul se développe plus tard, de sorte que le fruit, qui est indéhiscent, ne renferme dans son péricarpe qu'un seul embryon, accompagné d'un albumen permanent.

Bien que ce groupe soit peu étendu, la fleur y subit pourtant des modifications assez nombreuses et assez importantes pour qu'il soit nécessaire d'y distinguer d'abord deux alliances, puis, dans chacune de ces alliances, plusieurs familles.

La corolle y est tantôt dialypétale, c'est l'alliance des *Icacinales*; tantôt gamopétale, c'est l'alliance des *Phytocrénales*.

Chez les Icacinales, la fleur est tantôt actinomorphe,

tantôt zygomorphe. Dans le premier cas, si le pistil est isomère à carpelles uniovulés, avec carpelles ouverts en haut et androcée isostémone épipétale, c'est la famille des *Strombosiacées*; avec carpelles fermés tout du long, si l'androcée est diplostémone et l'ovaire supère, c'est la famille des *Ximéniacées*; s'il est isostémone épipétale et l'ovaire infère, c'est la famille des *Tétrastylidiacées*. Si le pistil est dimère, à carpelles ouverts et pluriovulés, avec androcée méristémone, c'est la famille des *Lophiracées*.

Dans le second cas, le pistil, formé de carpelles fermés et biovulés, subit un avortement partiel, ce qui rend la fleur zygomorphe. S'il développe trois carpelles sur cinq, c'est la famille des *Emmotacées*. S'il ne produit qu'un seul carpelle, les quatre autres avortant, avec disque à la base du pistil, c'est la famille des *Icacinacées*, type de l'alliance; sans disque, c'est la famille des *Pleurisanthacées*.

Chez les Phytocrénales, la fleur est aussi rendue zygomorphe par la conformation du pistil, toujours réduit à un seul carpelle biovulé. Si elle est bisexuée, c'est la famille des *Leptaulacées*. Si elle est unisexuée avec diœcie : avec tétramérie, c'est la famille des *Phytocrénacées*, type de l'alliance; avec pentamérie, si le périanthe est persistant autour du fruit, c'est la famille des *Sarcostigmacées*; sinon, c'est la famille des *Iodacées*.

Le sous-ordre des Icacininées se trouve donc composé, pour le moment, de deux alliances et de onze familles. Le sous-ordre des Ombellinées conserve en lui toutes les autres familles de l'ordre, au nombre de soixante-cinq, et ces familles demeurent groupées dans les six alliances qui ont été distinguées plus haut. Seulement, l'alliance dite alors des Icacinales (p. 345) perd six familles sur dix, dont sa famille type; réduite ainsi aux Empétracées, Limnanthacées, Sarracéniacées et Actinidiacées, elle devra donc changer de nom : ce sera, dans cette manière d'opérer, l'alliance des *Limnanthales*. L'alliance des Ombellales ne perd qu'une famille, les Tétrastylidiacées; celle des Solanales en perd quatre, les

Phytocrénacées, Sarcostigmacées, Iodacées et Leptaulacées. Les trois autres alliances conservent leur intégrité.

Cette nouvelle disposition de l'ordre des Transpariétées unitegminées, en deux sous-ordres, huit alliances et soixante-seize familles, se trouve résumée dans le tableau suivant, où il a paru inutile, d'après les remarques qui précèdent, de reproduire le détail du sous-ordre des Ombellinées.

- **TRANSPARIÉTÉES UNITEGMINÉES.**
  - Fruit séminé. OMBELLINÉES. Six alliances, avec soixante-cinq familles (Voy. le tableau précédent.)
  - Fruit inséminé.
    - ICACINÉES. Corolle gamopétale. PHYTOCRÉNALES. Fleur
      - bisexuée ..... *Leptaulacées.*
      - unisexuée
        - tétramère ..... *Phytocrénacées.*
        - pentamère. Périanthe persistant *Sarcotigmacées.*
        - pentamère. Périanthe caduc .... *Iodacées.*
    - ICACINÉES. Corolle dialypétale. ICACINALES. Fleur
      - zygomorphe. Carpelles
        - trois ..... *Emmotacées.*
        - un seul
          - avec disque .. *Icacinacées.*
          - sans disque .. *Pleurisanthacées.*
      - actinomorphe. Carpelles
        - Ovaire fermés.
          - supère ..... *Ximéniacées.*
          - infère ..... *Tétrastylidiacées.*
        - Ovaire ouverts
          - multiovulés . *Lophiracées.*
          - uniovulés ... *Strombosiacées.*

Que l'on adopte définitivement la première ou la seconde de ces deux dispositions, on voit que les états les plus inférieurs de l'organisation florale, où le périanthe est nul ou simple, sont encore représentés dans cet ordre, mais à peine, seulement par quatre très petites familles. Les états moyens, où le périanthe est double, avec corolle dialypétale, sont plus fréquemment réalisés, se rencontrant dans vingt et une familles. Mais ici, ce sont surtout les états supérieurs, où le périanthe est double, avec corolle gamopétale, qui prédominent de beaucoup, puisqu'ils se trouvent dans cinquante et une familles, dont plusieurs sont très vastes.

Par cette forte prédominance de l'organisation florale la plus compliquée, jointe à la disparition presque complète de l'organisation la plus simple, cet ordre se montre nettement supérieur à tous les précédents. Ainsi se trouve justifiée la manière de voir admise plus haut (p. 291 et p. 292), d'après laquelle la disparition totale de la paroi du macrodiodange avant la formation de l'œuf est un signe de perfection, idée qui nous a fait placer les Transpariétées au-dessus des Perpariétées.

Division en cinq alliances de l'ordre des Transpariétées bitegminées ou Primulinées. — Les Transpariétées bitegminées peuvent être groupées autour du genre Primevère (*Primula*), où l'organisation florale atteint son degré moyen de perfection, et l'ordre qu'elles constituent peut, en conséquence, recevoir aussi le nom de *Primulinées*.

Bien qu'il soit beaucoup moins vaste que les deux précédents, il n'est pas inutile de le subdiviser d'abord en alliances, avant d'y considérer les familles.

Remarquons tout d'abord qu'ici, comme chez les Solaninées, le fruit mûr offre deux structures différentes. Le plus souvent séminé, il est aussi parfois inséminé. Cela vient de ce que, au cours du développement du pistil, les deux téguments de l'ovule ont successivement et complètement disparu, laissant l'embryon, avec ou sans albumen permanent, directement plongé dans le péricarpe. Ici aussi, lorsque le pistil est pluriovulé, un seul ovule se développe ; tous les autres avortent, de sorte que le péricarpe, qui est indéhiscent, ne renferme qu'un seul embryon. Comme dans l'ordre précédent, nous négligeons pour le moment ce caractère différentiel, sur lequel nous reviendrons plus tard, pour ne définir les groupes secondaires que d'après les différentes conformations de la fleur.

Le périanthe n'y est jamais nul et y est très rarement simple ; il est alors toujours indépendant du pistil, qui demeure libre : c'est l'alliance des *Céphalotales*. Presque toujours, il est double, avec corolle tantôt dialypétale, tantôt gamopétale. Dans le premier cas, si le pistil demeure indépendant de l'androcée et du périanthe, c'est l'alliance des *Oxalidales*. S'il entre en concrescence avec eux, de manière à devenir infère, c'est l'alliance des *Rhizophorales*.

Dans le second, si le pistil est indépendant de l'androcée et du périanthe, s'il est supère, c'est l'alliance des *Primulales*. S'il est concrescent avec eux et infère, c'est l'alliance des *Erythropalales*.

De là, une subdivision de l'ordre des Primulinées en cinq alliances, résumée dans le tableau suivant :

PRIMULINÉES. Périanthe	double. Corolle	gamopétale. Pistil	concrescent....	*Érythropalales.*
			libre.....	*Primulales.*
		dialypétale. Pistil	concrescent....	*Rhizophorales.*
			libre.....	*Oxalidales.*
	simple.....			*Céphalotales.*

Reprenons maintenant, en suivant la marche ascendante de la complication florale, chacune de ces alliances, pour voir comment elle se décompose en familles.

Division de l'alliance des Céphalotales en deux familles. — Comprenant les Transpariétées bitegminées qui ont le périanthe simple et libre, l'alliance des Céphalotales est très peu nombreuse.

Les étamines y sont partout en nombre double de celui des pétales; partout aussi, les carpelles sont isomères et indépendants les uns des autres. Mais tantôt la fleur est unisexuée, pentamère, avec carpelles biovulés; c'est la famille des *Brunelliacées*. Tantôt elle est bisexuée, hexamère, avec carpelles uniovulés; c'est la famille des *Céphalotacées*.

L'alliance des Céphalotales se réduit à ces deux familles, qui ne comprennent chacune qu'un seul genre, avec une seule espèce, et dont les différences se résument ainsi :

CÉPHALOTALES. Fleur	bisexuée, hexamère, à carpelles uniovulés.	*Céphalotacées.*
	unisexuée, pentamère, à carpelles biovulés.	*Brunelliacées.*

Division de l'alliance des Oxalidales en vingt-huit familles. — L'alliance des Oxalidales comprend toutes les Transpariétées bitegminées où le périanthe est double, avec corolle dialypétale, et où le pistil est indépendant de l'androcée et du périanthe. C'est la plus vaste de l'ordre.

Les étamines y sont parfois simples et en un seul verticille. Elles sont en nombre moindre que les pétales dans la famille des *Hippocratéacées*; d'ordinaire, elles sont en même nombre que les pétales. Tantôt les carpelles sont alors aussi en nombre égal à celui des pétales. S'ils sont multiovulés, avec ovules bisériés, exonastes, horizontaux, c'est la famille des *Bréxiacées*; avec ovules unisériés, épinastes, pendants, c'est la famille des *Impatientacées*. S'ils sont biovulés, avec

ovules épinastes, si le péricarpe est loculicide, c'est la famille des *Célastracées*; s'il est septifrage, c'est la famille des *Pentaphylacacées*. Tantôt ils sont en nombre moindre; s'il y en a quatre, pluriovulés, avec ovules épinastes, c'est la famille des *Mélianthacées*; s'il y a en trois, uniovulés, c'est la famille des *Scorodocarpacées*; s'il y en a deux, biovulés, c'est la famille des *Sabiacées*; s'il y en a deux, uniovulés, c'est la famille des *Chaunochitacées*.

Ailleurs, les étamines, toujours simples, forment deux verticilles alternes. Elles sont concrescentes en tube dans la famille des *Oxalidacées*, type de l'alliance, partout ailleurs libres. Elles sont hétéromères et les carpelles, également hétéromères, sont ouverts dans la famille des *Frankéniacées*; ordinairement, elles sont isomères et les carpelles sont fermés. Tantôt les carpelles sont alors en nombre égal à celui des pétales; s'ils sont multiovulés, c'est la famille des *Zygophyllacées*; s'ils sont biovulés, avec un seul verticille d'étamines fertiles et ovules séparés par une fausse cloison, c'est la famille des *Linacées*; avec toutes les étamines fertiles et ovules non séparés, c'est la famille des *Erythroxylacées*. Tantôt ils sont en nombre moindre : il y en a trois, multiovulés, avec corolle actinomorphe, dans la famille des *Trigoniacées*; il y en a trois, uniovulés, avec corolle zygomorphe, dans la famille des *Tropéolacées*; il y en a deux, biovulés, dans la famille des *Trémandracées*.

Ailleurs, encore, les étamines, disposées normalement en deux verticilles, se ramifient de manière à en former un nombre plus ou moins grand et indéterminé. Les microdiodanges s'y ouvrent par un pore terminal dans la famille des *Ochnacées*; partout ailleurs, ils s'ouvrent par une fente longitudinale. Les carpelles sont alors quelquefois et demeurent ouverts. Si l'un des deux verticilles d'étamines se ramifie seul en ne donnant que des branches stériles, c'est la famille des *Parnassiacées*; si toutes les étamines sont fertiles, c'est la famille des *Résédacées*. Ailleurs, les carpelles sont d'abord ouverts et ne se ferment que plus

tard, c'est la famille des *Marcgraviacées*. Le plus souvent, ils sont fermés dès le début. Ils sont alors uniovulés, avec ovule dressé épinaste, dans la famille des *Caryocaracées*, avec ovule pendant hyponaste, dans la famille des *Gonystylacées*. Ils sont biovulés dans la famille des *Quiinacées*. Le plus souvent, ils sont multiovulés. Les ovules y sont courbes et latéraux dans la famille des *Crucifères*; partout ailleurs, ils sont réfléchis et marginaux. Avec autant de carpelles que de pétales, c'est la famille des *Clusiacées*; avec trois carpelles, d'ordinaire, s'ils sont concrescents dans toute leur longueur, c'est la famille des *Théacées*; s'ils sont libres dans leur région supérieure stylaire, c'est la famille des *Hypéricacées*.

L'alliance des Oxalidales se trouve, de la sorte, composée de vingt-huit familles, définies par le tableau suivant :

- Oxalidales. Étamines
  - ramifiées, microdiodange s'ouvrant
    - en long. Carpelles
      - fermés, à ovules
        - marginaux, en nombre
          - moindre,
            - concrescents tout du long..... *Théacées.*
            - libres en haut.... *Hypéricacées.*
          - égal..... *Clusiacées.*
        - latéraux..... *Crucifères.*
        - géminés..... *Quiinacées.*
        - solitaires
          - hyponastes ..... *Gonystylacées.*
          - épinastes..... *Caryocaracées.*
      - ouverts d'abord, puis fermés..... *Marcgraviacées.*
      - ouverts. Étamines
        - cinq fertiles seulement.... *Parnassiacées.*
        - toutes fertiles ..... *Résédacées.*
    - par un pore terminal..... *Ochnacées.*
  - simples, en nombre
    - double
      - Libres. Carpelles en nombre
        - moindre,
          - deux, biovulés..... *Trémandracées*
          - trois
            - fermés
              - uniovulés.... *Tropéolacées.*
              - multiovulés.. *Trigoniacées.*
            - ouverts, multiovulés.. *Frankéniacées.*
        - égal,
          - multiovulés..... *Zygophyllacées.*
          - biovulés, ovules
            - non séparés..... *Erythoxylacées.*
            - séparés..... *Linacées.*
      - concrescentes en tube..... *Oxalidacées.*
    - égal. Carpelles en nombre
      - moindre,
        - deux
          - uniovulés..... *Chaunochitacées.*
          - biovulés..... *Sabiacées.*
        - trois, uniovulés..... *Scorodocarpacées.*
        - quatre, pluriovulés..... *Mélianthacées.*
      - égal,
        - multiovulés, ovules
          - bisériés, exonastes..... *Bréxiacées.*
          - unisériés, épinastes..... *Impatientacées.*
        - biovulés. Péricarpe
          - loculicide..... *Célastracées.*
          - septifrage..... *Pentaphylacacées.*
  - moindre. Trois carpelles..... *Hippocratéacées.*

Ainsi composée, cette alliance est trop vaste et trop hétérogène pour qu'il n'y ait pas avantage à la subdiviser.

L'androcée y étant, en effet, dans certaines familles, méristémone, avec carpelles tantôt fermés, tantôt ouverts, dans d'autres diplostémone, dans d'autres encore isostémone, elle se trouve correspondre, dans l'ordre des Perpariétées bitegminées ou Renonculinées, aux quatre alliances réunies des Malvales, des Papavérales, des Géraniales et des Rhamnales. On peut donc la subdiviser aussi, d'après l'androcée, en trois alliances distinctes, qu'on nommera respectivement les *Clusiales*, les *Oxalidales* et les *Célastrales*.

Les Clusiales comprendront les onze familles où l'androcée est méristémone, savoir :

CLUSIALES
- *Théacées.*
- *Hypéricacées.*
- *Clusiacées.*
- *Quiinacées.*
- *Gonystylacées.*
- *Caryocaracées.*
- *Marcgraviacées.*
- *Ochnacées.*
- *Crucifères.*
- *Parnassiacées.*
- *Résédacées.*

Les Oxalidales, au nouveau sens restreint du mot, renfermeront les huit familles où l'androcée est diplostémone, savoir :

OXALIDALES
- *Trémandracées.*
- *Tropéolacées.*
- *Trigoniacées.*
- *Frankéniacées.*
- *Zygophyllacées.*
- *Erytroxylacées.*
- *Linacées.*
- *Oxalidacées.*

Les Célastrales, enfin, comprendront les neuf familles où l'androcée est isostémone, savoir :

CÉLASTRALES
- *Chaunochitacées.*
- *Scorodocarpacées.*
- *Sabiacées.*
- *Mélianthacées.*
- *Bréxiacées.*
- *Impatientacées.*
- *Célastracées.*
- *Pentaphylacacées.*
- *Hippocratéacées.*

Les Clusiales correspondent ainsi, dans l'ordre des Renonculinées, aux Malvales et Papavérales réunies; les Oxalidales, aux Géraniales; les Célastrales, aux Rhamnales, et la classification y gagne en clarté.

Dans cette nouvelle disposition, l'ordre des Primulinées se trouve donc divisé, non plus en cinq, mais en sept alliances, comme il suit :

PRIMULINÉES. Périanthe	double. Corolle	gamopétale. Pistil	concrescent		*Erythropalales.*
			libre		*Primulales.*
		dialypétale. Pistil	concrescent		*Rhizophorales.*
			libre. Androcée	méristémone	*Clusiales.*
				diplostémone	*Oxalidales.*
				isostémone	*Célastrales.*
	simple				*Céphalotales.*

Division de l'alliance des Rhizophorales en deux familles. — Formée par les Transpariétées bitegminées où le périanthe est double, avec corolle dialypétale, et où le pistil est concrescent avec l'androcée et le périanthe dans la région inférieure, ce qui le rend infère, l'alliance des Rhizophorales est peu nombreuse et ne comprend actuellement que deux familles.

Les étamines sont simples et en nombre double des pétales dans la famille des *Rhizophoracées ;* elles sont ramifiées dans la famille des *Lécythidacées*. Ainsi :

RHIZOPHORALES.	Étamines	ramifiées	*Lécythidacées.*
		simples	*Rhizophoracées.*

Division de l'alliance des Primulales en neuf familles. — L'alliance des Primulales comprend les Transpariétées bitegminées où le périanthe est double, avec corolle gamopétale, et où le pistil est indépendant de l'androcée et du périanthe, supère par conséquent.

La fleur y est unisexuée dans la famille des *Diospyracées*, partout ailleurs bisexuée. Les étamines y sont parfois en même nombre que les pétales, auxquels elles sont superposées. Si les carpelles sont ouverts tout du long, multiovulés, à ovules centraux, quand tous les ovules sont

fertiles, c'est la famille des *Primulacées*, type de l'alliance; quand un seul ovule d'ordinaire est fertile, c'est la famille des *Myrsinacées*; quand l'androcée a un verticille d'étamines stériles, c'est la famille des *Théophrastacées*. Si les carpelles sont fermés en bas, ouverts en haut, et uniovulés à ovules centraux, c'est la famille des *Cathédracées*.

Ailleurs, les étamines sont en nombre double de celui des pétales. Si elles sont indépendantes de la corolle, c'est la famille des *Fouquiériacées*. Si elles sont concrescentes avec elle, avec carpelles ordinairement pluriovulés, c'est la famille des *Styracacées*; avec carpelles uniovulés, c'est la famille des *Heistériacées*. Ailleurs encore, les étamines sont en nombre triple ou quadruple de celui des pétales : c'est la famille des *Coulacées*.

Ainsi composée de neuf familles, l'alliance des Primulales a sa constitution résumée dans le tableau suivant :

Primulales. Fleur bisexuée. Étamines en nombre	triple ou quadruple				*Coulacées.*
	double	concrescentes à la corolle. Carpelles	uniovulés		*Heistériacées.*
			pluriovulés		*Styracacées.*
		libres			*Fouquiériacées.*
		fermés en bas, ouverts en haut			*Cathédracées.*
	égal.	Carpelles	ouverts tout du long.	Un verticille d'étamines stériles	*Théophrastacées.*
				Un seul ovule fertile	*Myrsinacées.*
				Tous les ovules fertiles	*Primulacées.*
	unisexuée				*Diospyracées.*

Division de l'alliance des Erytropalales en familles. — Formée des Transpariétées bitegminées où le périanthe est double, à corolle gamopétale, et où le pistil est concrescent avec l'androcée et le périanthe, ce qui le rend infère, l'alliance des Érythropalales est jusqu'ici très peu nombreuse.

Elle se réduit, en effet, à une seule famille, les *Erythropalacées*, représentée elle-même par le seul genre Érythropale (*Erythropalum*), qui se trouve ainsi tout à fait isolé dans l'ensemble.

Dans l'ordre des Transnucellées unitegminées, l'alliance correspondante des Rubiales formait, au contraire, comme on l'a vu (p. 350), un groupe très étendu.

Résumé de l'ordre des Transpariétées bitegminées ou Primulinées. — Moins considérable que les deux précédents, l'ordre des Transpariétées bitegminées, ou Primulinées, comprend cependant quarante-deux familles, groupées ici en cinq ou mieux, comme on l'a vu plus haut (p. 359), en sept alliances. Le tableau général résumant sa classification s'obtiendra en superposant les cinq ou sept tableaux partiels que l'on vient de tracer. Ici aussi, les alliances sont de très inégale étendue; les plus vastes comptent, en effet, de huit à onze familles chacune, tandis que d'autres se réduisent à deux ou même à une seule.

Si l'on considère que, dans cet ordre, comme il a été dit plus haut (p. 354), le fruit est le plus souvent séminé, mais quelquefois aussi inséminé, on peut vouloir, d'après ce caractère, le subdiviser immédiatement en deux groupes ou sous-ordres. Les Transpariétées bitegminées séminées prendraient alors, d'après une de leurs familles les plus connues, les Oxalidacées, le nom de *Oxalidinées*, tandis que les Transpariétées bitegminées inséminées recevraient de leur famille principale, les *Heistériacées*, le nom de *Heistérinées*. Chacun de ces deux sous-ordres se subdiviserait ensuite en alliances et familles, d'après les différences dans la composition de la fleur, comme il vient d'être fait pour l'ordre tout entier.

Ainsi défini, le sous-ordre des Heistérinées possède quelques caractères généraux. Partout la fleur y est bisexuée et munie d'un périanthe double, d'un calice et d'une corolle. Partout aussi le pistil y a ses carpelles uniovulés et ne développe, plus tard, qu'un seul de ses ovules, les autres avortant, de manière que le fruit, qui est indéhiscent, ne renferme dans son péricarpe qu'un seul embryon, accompagné d'un albumen permanent.

Mais l'organisation florale y subit plusieurs modifications importantes, qui conduisent à y distinguer d'abord trois alliances, puis, dans chacune de ces alliances, plusieurs familles.

La corolle est, en effet, tantôt dialypétale, tantôt gamo-

pétale. Dans le premier cas, le pistil est toujours libre : c'est l'alliance des *Chaunochitales*. Dans le second, si le pistil est indépendant des verticilles externes, ce qui laisse l'ovaire supère, c'est l'alliance des *Heistériales* ; s'il est concrescent avec eux, ce qui rend l'ovaire infère, c'est l'alliance des *Érythropalales*.

Chez les Chaunochitales, le pistil est toujours composé de carpelles fermés et concrescents. Mais l'androcée a ses étamines, tantôt en nombre égal à celui des pétales et épipétales, c'est la famille des *Chaunochitacées* ; tantôt en nombre double et superposées deux par deux aux pétales, c'est la famille des *Scorodocarpacées*.

Chez les Heistériales, où le pistil est formé de carpelles fermés et concrescents, tantôt l'androcée est isostémone épipétale : c'est la famille des *Cathédracées* ; tantôt il est diplostémone, et le calice s'accroît autour du fruit, c'est la famille des *Heistériacées* ; tantôt il est tri- ou tétraplostémone, c'est la famille des *Coulacées*.

Enfin les Érythropalales ne comprennent, comme il a été dit plus haut, qu'une seule famille, les *Érythropalacées*.

Ainsi composé pour le moment, le sous-ordre des Heistérinées comprend donc trois alliances et six familles. Le sous-ordre des Oxalidinées conserve en lui toutes les autres familles, au nombre de trente-six, et ces familles demeurent groupées dans les six premières alliances distinguées plus haut en second lieu, la septième ayant passé dans le sous-ordre précédent. Seulement, l'alliance des Célastrales a perdu deux familles : les Chaunochitacées et les Scorodocarpacées, et celle des Primulales en a perdu trois : les Heistériacées, Cathédracées et Coulacées. Les quatre autres alliances ont conservé leur intégrité.

Cette nouvelle disposition de l'ordre des Transpariétées bitegminées, en deux sous-ordres et neuf alliances, se trouve résumée dans le tableau suivant, où l'on a jugé inutile, après les observations qui précèdent, de reproduire le détail du sous-ordre des Oxalidinées.

TRANSPARIÉTÉES BITEGMINÉES.	séminé. OXALIDINÉES. Six alliances, avec trente-six familles. (Voy. le tableau précédent.)				
	Fruit inséminé. HEISTÉRINÉES.	Corolle gamopétale. Pistil	infère. ÉRYTHROPALALES		*Erythropalacées.*
			supère. HEISTÉRIALES.	3-4 plostémone.	*Coulacées.*
				diplostémone..	*Heistériacées.*
			Androcée	isostémone....	*Cathédracées.*
		Corolle dialypétale. CHAUNOCHITALES.	Androcée	diplostémone..	*Scorodocarpacées.*
				isostémone....	*Chaunochitacées.*

Que l'on adopte l'une ou l'autre de ces deux dispositions, on voit que, dans cet ordre, l'état le plus inférieur de l'organisation florale, où le périanthe est nul, n'est pas représenté du tout et celui qui vient après, où le périanthe est simple, l'est à peine, par deux très petites familles seulement. L'organisation supérieure, où la corolle est gamopétale, est fréquemment réalisée, puisqu'on la rencontre chez dix familles, mais presque exclusivement sous sa forme la moins parfaite, où le pistil demeure libre et supère, la forme la plus compliquée, où le pistil est infère, n'étant offerte que par une seule famille monotype. C'est l'organisation moyenne, où la corolle est dialypétale, et le plus souvent sous sa forme la moins compliquée, où le pistil demeure supère, qui est ici prédominante, comptant pour elle trente familles.

A ne considérer que l'ensemble de ses représentants actuels, l'ordre des Transpariétées bitegminées se montre donc inférieur à celui des Transpariétées bitegminées, quoique très nettement supérieur à celui des Perpariétées bitegminées. C'est la preuve que, d'avoir un tégument simple ou double, c'est, pour l'ovule, un caractère moins important que d'avoir un macrodiodange à paroi persistante ou fugace, en d'autres termes, un nucelle permanent ou transitoire. Ce qui est pour justifier, une fois de plus, la prépondérance que, dans notre classification des Ovulées nucellées, nous avons attribuée à la conformation du nucelle sur celle du tégument.

Résumé de la sous-classe des Ovulées. — Si l'on superpose maintenant, dans la succession même où on les a tracés, c'est-à-dire suivant la marche ascendante de la perfection florale, les cinq tableaux partiels qui résument la composition des ordres, soit directement en familles, soit d'abord

en alliances, puis en familles, suivant leur étendue plus ou moins grande, on obtiendra le tableau général de la sous-classe immense des Ovulées avec ses cinq ordres, dont deux dédoublés en sous-ordres, ses trente-neuf alliances et ses deux cent soixante-dix-neuf familles.

Résumé de la classe des Homoudiodées. — En superposant ce tableau à celui qu'a fourni plus haut (p. 320) la sous-classe des Inovulées, avec ses deux ordres, ses huit alliances et ses douze familles, on obtient la composition de la classe tout entière des Homoudiodées, avec ses deux sous-classes, ses sept ordres, dont deux dédoublés en sous-ordres, ses quarante-sept alliances et ses deux cent quatre-vingt-onze familles. Le tableau général qui va suivre nous dispense de reproduire ici le tableau de cette classe, comme nous l'avons fait pour celle des Métadiodées (p. 312).

Des sept ordres qui la constituent, c'est celui où la structure du macrodiodange offre son état moyen de complication, celui où l'ovule est perpariété bitegminé, qui est de beaucoup le plus abondamment représenté, puisqu'il compte à lui seul cent trente-neuf familles. L'état immédiatement supérieur, où l'ovule est transpariété unitegminé, est aussi très fréquemment réalisé, puisqu'il se rencontre dans soixante-seize familles. Ce sont là, les Renonculinées et les Solaninées, les deux ordres prédominants.

L'ordre le plus supérieur, celui où l'ovule est transpariété bitegminé, est déjà moins vaste, ne comprenant que quarante-deux familles. Les ordres inférieurs le sont moins encore, et le plus pauvre de tous n'est pas, comme on le pourrait croire, celui où le macrodiodange n'est pas individualisé du tout, celui des Loranthinées, qui compte encore sept familles, mais celui où il commence à s'individualiser en proéminant directement sur le carpelle, celui des Anthobolinées, qui est réduit à cinq familles.

Cette classe est, dans l'embranchement des Endoprothallées, la seule où le macrodiodange offre ainsi, graduellement échelonnés, tous les états dont sa conformation est

susceptible, et c'est ce qui en fait le grand intérêt au point de vue de la Science générale.

Pour ce qui est de la structure du fruit mûr, rappelons-nous que, dans les trois ordres inférieurs : Loranthinées, Anthobolinées et Santalinées, il est toujours inséminé, tandis que, dans les deux ordres moyens, Corylinées et Renonculinées, il est toujours séminé, et que, dans les deux ordres supérieurs, Solaninées et Primulinées, il est tantôt séminé, tantôt inséminé. D'après ce caractère, c'est-à-dire d'après l'absence ou la présence de graines dans le fruit mûr, on pourrait donc diviser immédiatement la classe des Homoudiodées en deux sous-classes, les *Inséminées* et les *Séminées* (1).

La sous-classe des Inséminées comprendrait cinq ordres, savoir : d'abord les deux ordres d'Inovulées, Loranthinées et Anthobolinées, et l'ordre des Ovulées innucellées ou Santalinées ; puis, parmi les Ovulées transpariétées, les deux sous-ordres des Icacininées et des Heistérinées, élevés maintenant à la dignité ordinale. La sous-classe des Séminées comprendrait quatre ordres, savoir : d'abord les deux ordres d'Ovulées perpariétées, Corylinées et Renonculinées ; puis, parmi les Ovulées transpariétées, les deux sous-ordres des Ombellinées et des Oxalidinées, élevés maintenant à la dignité ordinale.

Le tableau suivant résume cette nouvelle distribution de la classe des Homoudiodées :

HOMOUDIODÉES.	Séminées.	Ovulées.	Transpariétées	bitegminées...	*Primulinées.*
				unitegminées..	*Ombellinées.*
			Perpariétées	bitegminées...	*Renonculinées.*
				unitegminées..	*Corylinées.*
	Inséminées.	Ovulées.	Transpariétées	bitegminées...	*Heistérinées.*
				unitegminées..	*Icacininées.*
			Innucellées		*Santalinées.*
		Inovulées.	Nucellées.....		*Anthobolinées.*
			Innucellées.....		*Loranthinées.*

(1) C'est ce qui a été fait dans mes *Éléments de botanique*, 3e édit., t. II, p. 265, 1898. Antérieurement, pour mettre mieux en évidence ce caractère nouveau, sur lequel j'appelais pour la première fois l'attention des botanistes, je l'avais appliqué à l'embranchement tout entier des Endoprothallées ou Phanérogames, qui se trouvait ainsi divisé en deux groupes primaires, les *Inséminées* et les *Séminées* (*Sur les Phanérogames sans graines formant le groupe des Inséminées*, Comptes rendus, CXXIV, 1897).

Toutes les Endoprothallées étant, il y a peu d'années encore, réputées pourvues de graines, et le groupe des Inséminées étant de création très récente, il se peut que, parmi les familles rangées ici dans les quatre ordres des Séminées et où la structure du fruit mûr est encore ou inconnue ou imparfaitement étudiée, certaines soient plus tard reconnues comme réellement dépourvues de graines. Le fruit des Inséminées étant toujours, comme il a été dit plus haut, indéhiscent et monembryoné, c'est seulement ou surtout parmi les plantes pourvues de tels fruits qu'il y a lieu d'en poursuivre la recherche.

Comme conséquence, il faudra déplacer ces familles et les introduire dans le groupe des Inséminées. Si ce sont des Transpariétées, elles y prendront simplement place dans les Icacininées ou les Heistérinées, suivant le nombre des téguments ovulaires. Si ce sont des Perpariétées, il faudra y ouvrir pour elles un ou deux ordres nouveaux. Il se peut donc que, par la suite, la sous-classe des Inséminées s'enrichisse au point de posséder des représentants des sept ordres qu'on a distingués dans la classe des Homoudiodées, tandis que celle des Séminées, bien plus nombreuse cependant, sera toujours réduite à ses quatre ordres actuels.

Résumé du sous-embranchement des Stigmatées ou Digames. — Superposons maintenant le tableau de la classe des Homoudiodées à celui de la classe des Métadiodées, tel qu'il a été tracé plus haut (p. 312), et nous aurons la composition complète du sous-embranchement des Stigmatées ou Digames, avec ses deux classes, ses quatre sous-classes, ses douze ordres, dont deux dédoublés en sous-ordres, ses cinquante-sept alliances et ses trois cent quarante-quatre familles.

C'est, comme on le voit, un groupe immense. En d'autres termes, la digamie, c'est-à-dire la formation simultanée d'un œuf et d'un trophime, qui caractérise ces plantes, est un phénomène extrêmement répandu dans la végétation actuelle de la Terre.

Résumé de l'embranchement des Endoprothallées. — En superposant le tableau du sous-embranchement des Stigmatées ou Digames, ainsi obtenu, à celui du sous-embranchement des Astigmatées ou Monogames, tel qu'il a été tracé plus haut (p. 280 et p. 282), on obtient la classification de l'embranchement tout entier des Endoprothallées en deux sous-embranchements, quatre classes, dix-sept ordres et trois cent cinquante-trois familles.

On voit combien est inégale l'étendue actuelle des deux sous-embranchements des Endoprothallées, la digamie l'emportant de beaucoup aujourd'hui sur la monogamie.

Résumé du sous-règne des Diodées. — Si l'on superpose maintenant le tableau de l'embranchement des Endoprothallées, ainsi composé, à celui de l'embranchement de Exoprothallées, tel qu'il a été obtenu à la page 263, on aura la classification du sous-règne des Diodées en deux embranchements, six classes, vingt-six ordres et trois cent soixante-dix familles.

RÉSUMÉ DE LA CLASSIFICATION OOLOGIQUE DU RÈGNE VÉGÉTAL.

Enfin, en superposant le tableau du sous-règne des Diodées, ainsi construit, à celui du sous-règne des Adiodées, tel qu'il a été donné à la page 250, on aura sous les yeux la Classification du règne végétal tout entier, entièrement fondée sur l'œuf, c'est-à-dire sur les phénomènes qui en précèdent, en accompagnent et en suivent la formation, et qu'on peut, en conséquence, qualifier de Classification *oologique*.

Elle comprend deux sous-règnes, quatre embranchements, dix classes, quarante-huit ordres et quatre cent vingt-deux familles.

L'un des embranchements, celui des Endoprothallées, y est subdivisé en deux sous-embranchements, les Astigmatées ou Monogames et les Stigmatées ou Digames, qui, vu le

grand nombre et la haute importance des caractères qui les séparent, devront sans doute être bientôt érigés en embranchements autonomes. Trois classes, les Homoudiodées, les Métadiodées et les Tomiées hétérogames, y sont subdivisées chacune en deux sous-classes. Deux ordres, les Primulinées et les Solaninées, y sont dédoublés chacun en deux sous-ordres. Enfin, bon nombre d'ordres ou sous-ordres, notamment chez les Stigmatées, où ils sont très vastes, ont leurs familles groupées d'abord en alliances.

Ainsi construite, la Classification oologique du règne végétal se trouve résumée dans le Tableau général qui suit.

Si l'on voulait y faire entrer aussi le règne animal, de manière à y comprendre l'ensemble des êtres vivants, il ne serait nécessaire pour cela ni d'en multiplier, ni d'en étendre les cadres. Tous adiodés et tous atomiés, les animaux viendraient, en effet, s'y ranger en bloc dans l'embranchement le plus inférieur, où ils prendraient place dans la région supérieure de la classe la plus élevée, celle des Atomiées hétérogames. C'est ce qui montre bien, comme il a été dit au début de ce travail (p. 216 et p 219), la haute importance, pour la Biologie générale, des plantes qui composent, d'une part, l'embranchement des Tomiées, de l'autre, le sous-règne tout entier des Diodées.

TABLEAU

RÉSUMANT LA CLASSIFICATION OOLOGIQUE

DU RÈGNE VÉGÉTAL

TABLEAU RÉSUMANT LA CLASSIFICATION OOLOGIQUE DU RÈGNE VÉGÉTAL.

Sous-règnes.	Embranchements.	Sous-embranchements.	Classes.	Sous-classes.	Ordres.	Sous-ordres.	Alliances.	Familles.
							PRIMULALES	*Styracacées.*
								Fouquiériacées.
								Théophrastacées.
								Myrsinacées.
								Primulacées.
								Diospyracées.
							RHIZOPHORALES	*Lécythidacées.*
								Rhizophoracées.
							CLUSIALES	*Théacées.*
								Hypéricacées.
								Clusiacées.
								Gionystylacées.
								Quiïnacées (?).
								Caryocaracées (?).
								Marcgraviacées.
								Ochnacées.
								Crucifères.
								Résédacées.
								Parnassiacées.
						Oxalidinées	OXALIDALES	*Trémandracées.*
								Frankéniacées.
								Tropéolacées.
								Trigoniacées.
								Zygophyllacées.
								Erythroxylacées.
								Linacées.
								Oxalidacées.
					Primulinées		CÉLASTRALES	*Bréxiacées.*
								Mélianthacées.
								Impatientacées.
								Célastracées.
								Pentaphylacacées.
								Sabiacées.
								Hippocratéacées.

- **DIODÉES**
  - **ENDO-PRO-THALLÉES**
    - **STIGMATÉES**
      - **HOMOU-DIODÉES**
        - **OVULÉES**
          - **Solaninées**
            - **Heistérinées**
              - ERYTHROPALALES
                - *Erythropalacées.*
              - HEISTÉRIALES
                - *Coulacées.*
                - *Heistériacées.*
                - *Cathédracées.*
              - CHAUNOCHITALES
                - *Scorodocarpacées.*
                - *Chaunochitacées.*
              - RUBIALES
                - *Dipsacacées.*
                - *Valérianacées.*
                - *Caprifoliacées.*
                - *Rubiacées.*
                - *Calycéracées.*
                - *Adoxacées.*
                - *Composées.*
                - *Goudéniacées.*
                - *Lobéliacées.*
                - *Campanulacées.*
                - *Brunoniacées.*
                - *Stylidiacées.*
            - **Ombellinées**
              - SOLANALES
                - *Jasminacées.*
                - *Oléacées.*
                - *Scrofulariacées.*
                - *Bignoniacées.*
                - *Acanthacées.*
                - *Labiées.*
                - *Verbénacées.*
                - *Sélagacées.*
                - *Plantagacées.*
                - *Utriculariacées.*
                - *Orobanchacées.*
                - *Columelliacées.*
                - *Gesnériacées.*
                - *Solanacées.*
                - *Loganiacées.*
                - *Convolvulacées.*
                - *Dichapétalacées.*
                - *Borragacées.*
                - *Polémoniacées.*
                - *Nolanacées.*
                - *Epacracées.*
                - *Lennoacées (?).*
                - *Ilicacées.*
                - *Asclépiadacées.*

Sus-règnes.	Embranchements.	Sous-embranchements.	Classes.	Sous-classes.	Ordres.	Sous-ordres.	Alliances.	Familles.
					Solaninées (*Fin*).	**Ombellinées** *Fin*.	SOLANALES (*Fin*)	*Apocynacées.*
								Gentianacées.
								Hydrophyllacées.
								Cardiopteryxacées (?)
								Globulariacées.
								Phrymacées (?)
								Diapensiacées.
								Sapotacées.
								Cléthracées.
								Ericacées.
								Cyrillacées.
							OMBELLALES	*Hydrangéacées.*
								Loasacées.
								Grubbiacées.
								Cornacées.
								Mastixiacées.
								Araliacées.
								Ombellifères.
								Pittosporacées.
								Escalloniacées.
								Bruniacées.
							LIMNANTHALES ...	*Actinidiacées.*
								Sarracéniacées.
								Limnanthacées.
								Empétracées.
							CYNOCRAMBALES ..	*Garryacées.*
								Cynocrambacées.
							CALLITRICHALES ..	*Callitrichacées.*
								Hydrostachyacées.
						Icacininées...	PHYTOCRÉNALES ..	*Leptaulacées.*
								Phytocrénacées.
								Sarcostigmacées.
								Iodacées.
							ICACINALES	*Emmotacées.*
								Icacinacées.
								Pleurisanthacées.
								Ximéniacées.
								Tétrastylidiacées.
								Lophiracées.

DIODÉES (*Suite*).	ENDO-PROTHALLÉES (*Suite*).	STIGMATÉES (*Suite*).	HOMOUDIODÉES (*Suite*).	OVULÉES (*Suite*).	**Renonculinées**	Cucurbitales	*Cucurbitacées.*
						Plombagales	*Salvadoracées.* *Plombagacées.* *Carvacées* *Acharacées.*
						Ribésales	*Oliniacées.* *Trapacées.* *Hernandiacées.* *Ribésacées.*
						Saxifragales	*Mélastomacées.* *Onagracées.* *Haloragacées.* *Lythracées.* *Hamamélacées.* *Codiacées.* *Combrétacées.* *Ancistrocladacées* (?) *Saxifragacées.*
						Myrtales	*Myrtacées.* *Sonneratiacées* (?) *Punicacées.*
						Cactales	*Cactacées.*
						Rhamnales	*Tovariacées.* *Rhamnacées.* *Stackhousiacées.* *Vitacées.* *Cnéoracées.* *Platanacées.* *Corynocarpacées.* *Violacées.* *Basellacées.*
						Géraniales	*Elatinacées.* *Géraniacées.* *Péganacées.* *Burséracées.* *Nitrariacées.* *Staphyléacées.* *Cunoniacées.* *Acéracées.* *Anacardiacées.*

Sous-règnes.	Embranchements.	Sous-embranchements.	Classes.	Sous-classes.	Ordres.	Sous-ordres.	Alliances.	Familles.
						... .	GÉRANIALES (*Fin.*)	*Esculacées.* *Sapindacées.* *Polygalacées.* *Kœberliniacées.* *Staehgyracées.* *Bucacées.* *Malpighiacées.* *Meliacées.* *Vochysiacées.* *Portulacacées.* *Caryophyllées.* *Rutacées.* *Crassulacées.* *Coriariacées.* *Simarubacées.* *Légumineuses.* *Rosacées.* *Connaracées.* *Moringacées.* *Canellacées.* *Polygonacées.*
						.. ..	MALVALES.	*Neumanniacées.* *Dilléniacées.* *Eucryphiacées.* *Sphérosepalacées.* *Bixacées.* *Sarcolénacées.* *Diptérocarpacées.* *Humiriacées.* *Rhaptopétalacées* (?) *Tiliacées.* *Eléocarpacées.* *Cochlospermacées.* *Malvacées.* *Sterculiacées.* *Euphorbiacées.*
						.....	PAPAVÉRALES....	*Samydacées.* *Malesherbiacées.* *Passifloracées.* *Turnéracées.* *Cistacées.* *Tamaricacées.*

DIODEES *Suite*).	**PRO-THAL-LÉES** (*Suite*).	**STIGMA-TÉES**(*Suite*).	HOMOU-DIODÉES (*Suite*).	**OVULÉES** (*Suite*).	**Renonculinées**(*Suite*).		*Droséracées.*
							Flacourtiacées.
							Capparidacées.
							Papavéracées.
							Fumariacées.
						RENONCULALES...	*Erythrospermacées.*
							Calycanthacées.
							Illiciacées.
							Drimytacées.
							Nélombacées.
							Berbéridacées.
							Magnoliacées.
							Anonacées.
							Lauracées.
							Crossosomacées.
							Renonculacées.
							Lardizabalacées.
							Ménispermacées.
							Monimiacées.
						CASTANÉALES....	*Aristolochiacées.*
							Gomortégacées.
							Bégoniacées.
							Castanéacées.
							Apodanthacées.
							Rafflésiacées.
							Datiscacées.
						CHÉNOPODIALES..	*Penthoracées.*
							Tétracentracées.
							Geissolomacées.
							Tétragoniacées.
							Lactoridacées.
							Podostémacées.
							Ulmacées.
							Protéacées.
							Eléagnacées.
							Thyméléacées.
							Aizoacées.
							Phytolaccacées.
							Nyctagacées.
							Chénopodiacées.
							Népenthacées.
							Simmondsiacées.

TABLE DES ARTICLES

PAR NOMS D'AUTEURS

ARBAUMONT (J. D'). — Sur l'évolution de la chlorophylle et de l'amidon dans la tige de quelques végétaux ligneux (*Suite et fin*) 125
ERIKSSON (J.). — Sur l'origine et la propagation de la Rouille des Céréales par la semence 1
TIEGHEM (PH. VAN). — L'œuf des plantes considéré comme base de leur Classification 213

CORBEIL. — Imprimerie ÉD. CRÉTÉ.

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE — 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VIe)

VIENT DE PARAITRE

Physiologie des Plantes

Par V. PALLADINE

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ IMPÉRIALE DE SAINT-PÉTERSBOURG

Traduit avec l'autorisation de l'auteur sur la troisième édition russe, revue et corrigée

Par Mlle N. KARSAKOFF

1 vol. in-8 broché, avec 91 figures dans le texte..... **6** fr.

VIENT DE PARAITRE

MISSION SAHARIENNE

FOUREAU-LAMY

D'Alger au Congo

par le Tchad

Par F. FOUREAU

LAURÉAT DE L'INSTITUT

Un fort volume in-8, orné de 170 gravures (reproduites d'après des photographies de l'auteur) et d'une carte en couleurs des régions parcourues par la Mission.

Broché, couverture illustrée. **12** fr. | Richement relié..... **15** fr.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE CAHIER

Sur l'évolution de la chlorophylle et de l'amidon dans la tige de quelques végétaux ligneux (*fin*), par M. J. D'ARBAUMONT... 209

L'œuf des plantes, considéré comme base de leur Classification, par M. PH. VAN TIEGHEM..... 213

Table des Matières contenues dans le tome XIV..... 391

Table des Planches et Figures dans le texte..... 391

Table des Articles par noms d'auteurs..... 392

5974-99 — COURBEIL. Imprimerie ED. CRÉTÉ.

New York Botanical Garden Library
3 5185 00260 2637